



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA

FACULTAD DE INFORMÁTICA

TESINA DE LICENCIATURA

TÍTULO: Sistemas aumentativos-alternativos de comunicación combinados con una interfaz cerebro computadora

AUTORES: Tellechea, Miguel – Martínez, Fernando

DIRECTOR: Díaz, Javier - Fava, Laura

CODIRECTOR:

ASESOR PROFESIONAL: Spinelli, Enrique

CARRERA: Licenciatura en Sistemas

Resumen

La imposibilidad o dificultad de una persona para comunicarse genera dependencia y aislamiento. Existen múltiples dispositivos, sistemas y recursos que favorecen la interacción comunicativa entre ellos los **sistemas aumentativos y alternativos de comunicación**. En situaciones críticas, aparecen las **interfaces cerebro computadoras (ICC)**, dispositivo que le permite al usuario interactuar con una computadora utilizando únicamente su propia actividad cerebral. Las ICC han sido estudiadas por más de 30 años, pero la lentitud, la alta tasa de error, la sensibilidad ante artefactos y la complejidad de los sistemas ICC han sido desafíos a la hora de implementar soluciones funcionales reales. El presente trabajo comprende una evaluación de la ICC *Emotiv Epoc*, el análisis de distintos sistemas de comunicación alternativa y aumentativa, *Plaphoons* y *ACAT*, y la integración de ambos con la ICC a través de una aplicación de implementación propia basada en la detección del **potencial evocado ritmo alfa**

Palabras Clave

Interfaz cerebro-computadora, ICC, sistemas alternativos y aumentativos de comunicación, ACAT, Plaphoon, potenciales evocados, ritmo alfa

Conclusiones

La calidad y variedad de los sistemas aumentativos y alternativos de comunicación es cada vez más alta y con una gran flexibilidad. Al mismo tiempo la curva de aprendizaje para la utilización de los mismos es alta sobre todo para usuarios no-técnicos.

La ICC Emotiv Epoc, es incómoda, su utilización frustrante, y actualmente costosa económicamente, pero demuestra que la posibilidad de incorporar ICC como tecnologías asistivas es viable.

Existe un alto grado de desconocimiento sobre estas nuevas tecnologías y sobre las soluciones que pueden aportar tanto en instituciones privadas como públicas.

Trabajos Realizados

Investigación de las interfaces cerebro computadoras y en particular del Emotiv Epoc

Análisis de software alternativos y aumentativos Plaphoons y ACAT para evaluar el potencial y la utilidad que tienen estos productos en la comunidad

Combinación de ACAT y Plaphoons con distintas aplicaciones y hardware como HeadMouse, el Switch ViaCam

Trabajos Futuros

Automatizar la configuración manual que se ha desarrollado para lograr detectar el ritmo alfa en cada persona.

Utilizar otros potenciales evocados, que permitan una interacción más cómoda para el usuario.

Probar otros tipos de hardware para interfaces cerebro-computadora, para poder comparar y dar un salto evolutivo en los desarrollos

ÍNDICE GENERAL

Capítulo 1	8
1.1. Introducción	8
1.2. Motivación	8
1.3. Desarrollos propuestos	10
1.4. Resultados esperados	10
1.5. Estructura del informe	11
Capítulo 2	12
2.1. Sistemas Alternativos y Aumentativos de comunicación (SAAC)	12
2.2. Problemas en la comunicación	13
Trastornos del habla	13
2.3. Clasificación de los SAAC	15
2.3.1. Sistemas con comunicación sin ayuda	16
2.3.2. Sistemas con ayuda	17
2.3.2.1. Sistema Bliss	18
2.3.2.2. Símbolos Pictográficos para la Comunicación (SPC)	20
2.4. Soportes para Sistemas aumentativos y alternativos de comunicación	21
2.4.1. Tableros y plafones de comunicación	21
2.4.2. Soportes Eléctricos: Comunicadores	22
Capítulo 3	23
3.1 Software aplicados a Comunicación Aumentativa y Alternativa	23
3.2 ACAT	23
3.2.2. ACAT Tryout	25
3.2.3. ACAT Phrase Application	25
3.2.4. ACAT Talk Applications	26
Versión Qwerty	27

Version ABC	27
3.2.5. ACAT Application	28
3.2.6. ACAT Visión	30
3.2.7. Predictor de palabras	31
3.2.8. ¿Cómo funciona Presage?	31
3.3. Plaphoons	32
3.3.1. Creación de Plafones personalizados	33
3.3.2. Interacción con la pantalla	34
3.3.3. Conexión con otros sistemas	34
3.3.4. Predictor de palabras	35
3.4. HeadMouse	36
3.5. Switch Viacam	38
3.6. Cuadro comparativo de tecnologías	39
Capítulo 4	40
4. Interfaces Cerebro - Computadora	40
4.1. Arquitectura simplificada del cerebro	40
Responsabilidades del hemisferio derecho	41
Responsabilidades del hemisferio izquierdo	41
4.2. Interpretación del cerebro mediante imágenes	41
4.3. Electrodo	42
4.3.1. Ubicación de los sensores	44
Nomenclatura	45
Ventajas	45
4.4. Del pensamiento a la acción	46
4.4.1. Interfaces de control mental	47
Paradigmas Exógenos	47
Paradigmas Endógenos	48

Capítulo 5	49
5.1 Características del Emotiv Epoc	49
5.2 Configuración inicial	49
5.3. Emotiv Xavier: Panel de Control	52
5.3.1 Reconocimiento Facial	52
5.3.2 Detección de emociones	53
5.3.3 Detección de comandos mentales	55
Training	56
Action	57
5.3.4 Entrenamiento	58
5.3.5 Emotiv Composer	59
5.3.6 Giroscopio	59
5.4. Lectura de señales	60
5.4.1 Emotiv Test Bench	61
5.4.2 Lectura de Electroencefalograma (EEG)	62
5.4.3 FFT	63
5.4.4 Gyro	64
5.4.5 Data Packet Tab	65
Capítulo 6	67
6. Desarrollo Propuesto Combinación del Emotiv Epoc con el sistema ACAT	67
6.1. Análisis de Xavier SDK	67
6.2. Análisis de señales	70
6.2.1. Ritmo Alfa	71
6.3. Filtros digitales	73
6.4. Desarrollo del procesamiento de la señal	74
6.4.1. Filtro pasa Alto	75
6.4.2. Filtro pasa banda	76

6.4.3. Filtro Rectificador	77
6.4.4. Filtro pasa Bajo	77
6.4.5. Medición de potencia y energía	78
6.4.6. Detector por Umbral	78
6.4.7. Procesamiento de señales provenientes del Emotiv	79
6.5. Umbral y Sensibilidad	80
6.6. Aplicación práctica a un juego	82
6.7. Aplicación práctica deletreador ACAT	84
6.8. Aplicación práctica Plaphoons	85
6.9. Aplicación práctica comunicador ACAT	86
7. Conclusiones - Trabajos Futuros	88
Sobre el Asesor Profesional	90
Referencias Bibliográficas	91

Listado de Figuras

Figura 2.1: Colores Identificación de símbolos en el sistema Bliss.

Figura 2.2: Ejemplo de Símbolos Bliss.

Figura 2.3: Ejemplo de sistema de símbolos pictográficos para la comunicación.

Figura 2.4: Ejemplo de plafones de comunicación.

Figura 2.5: Ejemplo de comunicadores, soportes electricos.

Figura 3.1: ACAT Panel General.

Figura 3.2: Ejemplo pantalla ACAT Tryout.

Figura 3.3: Ejemplo pantalla ACAT Phrase.

Figura 3.4: Ejemplo teclado Qwerty ACAT.

Figura 3.5: Ejemplo teclado ABC, ACAT..

Figura 3.6: Ejemplo scanner ACAT, con reproductor de voz.

Figura 3.7: Ejemplo menú herramientas ACAT

Figura 3.8: Ejemplo menú herramientas ACAT configurable con aplicaciones.

Figura 3.9: Ejemplo modo lectura ACAT.

Figura 3.10: Ejemplo barrido del mouse, ACAT.

Figura 3.11: Ejemplo utilización ACAT Visión.

Figura 3.12: Ejemplo Plaphoons, pantalla general.

Figura 3.13: Ejemplo Plaphoons, configuración filas y columnas.

Figura 3.14: Ejemplo Plaphoons, generación de plafón vacío, personalizado.

Figura 3.15: Ejemplo Plaphoons, configuración personalizada de un plafón.

Figura 3.16: Ejemplo Plaphoons, interacción con sistemas.

Figura 3.17: Ejemplo Plaphoons, carga de diccionarios.

Figura 3.18: Ejemplo Plaphoons, uso de predictor de palabras 1.

Figura 3.19: Ejemplo Plaphoons, uso de predictor de palabras 2.

Figura 3.20: Ejemplo Plaphoons, generación de diccionario personalizado.

Figura 3.21: Ejemplo HeadMouse, pantalla principal.

Figura 3.22: Ejemplo HeadMouse, configuración.

Figura 3.23: Ejemplo Switch ViaCam, configuración.

Figura 4.1: Ubicación de sensores, sistema internacional 10-20.

Figura 4.2: Nomenclatura sistema internacional 10-20.

Figura 4.3: Ejemplo distribución sensores en una interfaz cerebro computadora de 16 sensores Emotiv Epoc)

Figura 5.1: Imagen Emotiv Epoc.

Figura 5.2: Imagen set sensores Emotiv Epoc.

Figura 5.3: Imagen Configuración sensores Emotiv Epoc.

Figura 5.4: Imagen Óxido en sensores Emotiv Epoc.

Figura 5.5: Imagen dispositivo USB, Emotiv Epoc.

Figura 5.6: Emotiv Epoc, reconocimiento facial, sonrisa.

Figura 5.7: Emotiv Epoc, reconocimiento facial, guiño de ojo.

Figura 5.8: Emotiv Epoc, detección de emociones.

Figura 5.9: Emotiv Epoc, detección de comandos mentales.

Figura 5.10: Emotiv Epoc, entrenamiento de comandos mentales.

Figura 5.11: Emotiv Epoc, entrenamiento de comandos mentales 2.

Figura 5.12: Emotiv Epoc, entrenamiento de comandos mentales 3.

Figura 5.13: Emotiv Composer.

Figura 5.14: Emotiv Epoc, Giroscopio.

Figura 5.15: Emotiv Epoc, Test Bench.

Figura 5.16: Emotiv Epoc, Pestaña EEG.

Figura 5.17: Emotiv Epoc, Pestaña FFT.

Figura 5.18: Emotiv Epoc, Pestaña Gyro.

Figura 5.19: Emotiv Epoc, Pestaña Data Packet.

Figura 6.1: Xavier SDK, arquitectura.

Figura 6.2: Distribución de sensores, Emotiv Epoc.

Figura 6.3: Ritmo Alfa, visualización.

Figura 6.4: Ritmo Alfa, visualización 2.

Figura 6.5: Ejemplo Señal cruda.

Figura 6.6: Ejemplo Filtro pasa alto.

Figura 6.7: Ejemplo Filtro pasa banda.

Figura 6.8: Ejemplo Filtro rectificador.

Figura 6.9: Ejemplo Filtro pasa bajo.

Figura 6.10: Ejemplo Filtro Amplificador.

Figura 6.11: Ejemplo Filtro Umbral.

Figura 6.12: Procesamiento propio y aplicación de filtros, señal Emotiv Epoc.

Figura 6.13: Procesamiento señal Emotiv Epoc, detección ritmo alfa.

Figura 6.14: Pantalla configuración umbral y sensibilidad, software propio.

Figura 6.15: Imagen configuración previa, prueba Ta Te Ti.

Figura 6.16: Imagen prueba Ta Te Ti.

Figura 6.17: Imagen prueba ACAT, con procesamiento de señales propio.

Figura 6.18: Imagen prueba ACAT, con procesamiento de señales propio 2.

Figura 6.19: Imagen prueba ACAT, con procesamiento de señales propio 3.

Figura 6.20: Imagen prueba Plaphoons, con procesamiento de señales propio.

Capítulo 1

1.1. Introducción

El lenguaje oral es una de las formas básicas para comunicarnos con el entorno y un medio para modificarlo en función de nuestras necesidades y deseos. Si una persona no puede comunicar, no podrá tomar decisiones que afecten a su vida, lo que originará dependencia y aislamiento. Existen múltiples dispositivos, sistemas y recursos que favorecen la interacción comunicativa cuando existen dificultades para que ésta pueda llevarse a cabo. Dentro de estas herramientas podemos encontrar los sistemas aumentativos y alternativos de comunicación.

Los sistemas aumentativos de comunicación, complementan el lenguaje oral cuando, por sí sólo, no es suficiente para entablar una comunicación efectiva con el entorno. Los sistemas alternativos de comunicación, sustituyen al lenguaje oral cuando éste no es comprensible o está ausente. A su vez, el uso de estos sistemas muchas veces se ve imposibilitado por algún problema físico de la persona que no permite la relación directa con una computadora mediante los dispositivos normalmente utilizados. Para esta problemática pueden utilizarse dispositivos conectados a diferentes partes del cuerpo (siempre y cuando la persona pueda generar movimientos voluntarios), consiguiendo distintas entradas a la pc, simulando el uso normal de un mouse o una tecla. Otra opción muy utilizada, es el uso de la cámara web. Existen múltiples aplicaciones que permiten de una forma sencilla y económica capturar movimientos y expresiones faciales para generar comunicación con una computadora.

En situaciones críticas, donde la movilidad es parcial o totalmente limitada aparecen en escena las interfaces cerebro computadoras. Una interfaz cerebro computadora (ICC) es un dispositivo que se encarga de analizar señales provenientes de la actividad consciente de un individuo para traducirlas en acciones; dicho de otra manera, las ICC son un tipo especial de comunicación que le permite al usuario interactuar con un dispositivo computarizado utilizando únicamente su propia actividad cerebral. En cierta forma, una interfaz cerebral es parecida a cualquier medio de interfaz físico entre el hombre y la máquina, como un teclado, ratón o sistema de reconocimiento de voz; sólo que opera por canales de comunicación diferentes. El principal uso de esta tecnología es brindar asistencia a personas que carecen de capacidades motoras para facilitar su interacción con el entorno.

Las líneas de investigación, desarrollo e innovación que se llevarán a cabo en este proyecto se basan en dos ejes principales: uno vinculado a la investigación de softwares aumentativos y alternativos existentes y otra a la integración con dispositivos que permitan potenciar la utilización de los mismos.

1.2. Motivación

Las Interfaces Cerebro-Computadora (ICC) han sido estudiadas por casi 30 años, con la principal motivación de proveer tecnologías asistivas para personas con discapacidades

motoras severas. La lentitud, la alta tasa de error, la sensibilidad ante artefactos y la complejidad de los sistemas ICC han sido desafíos a la hora de implementar soluciones funcionales reales. Sin embargo, los avances recientes en la computación y las tecnologías de biosensores han mejorado las perspectivas de las aplicaciones ICC, haciéndolas prometedoras no sólo como tecnología asistiva, sino también en aplicaciones de uso corriente. La investigación y desarrollo en ICC ha crecido exponencialmente en los últimos diez años, tanto en las tecnologías disponibles como en el número de organizaciones involucradas en el campo.

Las Interfaces Cerebro-Computadora han evolucionado más allá de los sistemas de experimentación de laboratorio y algunas son ofrecidas hoy en día como productos comerciales. Las ICC no sólo pertenecen al mundo de la ciencia ficción, sino que están convirtiéndose en alternativas efectivas para tecnologías asistivas y aplicaciones comerciales. Nuevos paradigmas de interacción abren más las posibilidades para estas interfaces y crean nuevos campos de estudio. Sin embargo hay aún muchos obstáculos para los investigadores, debido a que son notablemente lentas y propensas a errores. Las tecnologías ICC si bien fueron diseñadas principalmente para permitir la comunicación de pacientes con discapacidad neuromuscular severa, los trabajos multidisciplinarios, el progreso de la neurociencia cognitiva, el procesamiento de señales y reconocimiento de patrones, ha inspirado el uso de ellas como una nueva modalidad para interacciones cerebro-computadora.

Es necesario más investigación para bajar las tasas de error, incrementar la precisión y lograr reducir los ruidos que provienen de otras actividades bioeléctricas o del ambiente que distorsionan la señal. Para que las ICC sean usables en la vida diaria, en el trabajo o en el hogar, necesitan ser simples, pequeñas y transportables, y no-obstrusivas. El campo de las ICC continúa creciendo y evolucionando para desarrollar los métodos de interacción humano-computadora del futuro.

Cabe destacar que durante estos años hemos recorrido y realizado entrevistas en diferentes instituciones enfocadas en la integración y asistencia de personas con distintas afecciones físicas y llegamos a la conclusión de que existe un alto grado de desconocimiento sobre estas nuevas tecnologías y sobre las soluciones que pueden aportar. Esto redundo en dificultades para encontrar organizaciones, públicas o privadas, que hagan un aporte de hardware o de generación de nuevo software o que al menos brinden capacitaciones o recomendaciones sobre hardware-software existentes.

Hoy en día podemos encontrar hardware a un costo accesible comparado con otros momentos donde era imposible que un usuario pueda tener un equipo de tanta complejidad para uso hogareño como por ejemplo, el Emotiv Epoc, sin embargo muchas veces se desconoce su potencialidad, forma de uso y existencia.

En este contexto, es nuestro interés, a través de la Universidad poder impulsar el desarrollo de nuevas tecnologías y sobre todo poder brindar asesoramiento sobre las tecnologías existentes. La posibilidad de generar conocimiento sobre sistemas de comunicación alternativa y aumentativa y unirlos frente a interfaces cerebro computadoras, es sumamente interesante, además de aportar una mirada siempre atenta al desarrollo de software libre y gratuito.

1.3. Desarrollos propuestos

En este contexto, la primera etapa de nuestra tesina involucrará una investigación de las interfaces cerebro computadoras y en particular del Emotiv Eloc. Se realizará un análisis de las aplicaciones más utilizadas del dispositivo, la evaluación del producto, la evaluación del software y el potencial que posee de distribución y de generación de nuevo software a partir del Kit de Desarrollo de Software (SDK, por sus siglas en inglés) y del estudio de las señales crudas, así como de los fundamentos matemáticos detrás del análisis de señales y las distintas alternativas existentes para obtener mediciones eficientes y libres de artefactos.

Asimismo se analizarán algunos software alternativos y aumentativos como Plaphoons y ACAT para evaluar el potencial y la utilidad que tienen estos productos en la comunidad.

Se analizará la combinación de estos software con distintas aplicaciones y hardware para permitir extender su uso a la mayor parte de la comunidad. Ejemplos de hardware son el HeadMouse, el SwitchViaCam o distintos dispositivos que puedan incorporarse como medio de comunicación para la persona que utilice la computadora.

Finalmente se integrará el Emotiv Eloc con los sistemas seleccionados o con un prototipo propio. La integración del Emotiv Eloc con software de comunicación aumentativa, permitirá a una persona con cierta imposibilidad motriz o discapacidad, reemplazar el uso del teclado o del mouse o de una cámara web por señales enviadas desde el cerebro. Se analizará la integración de manera directa a través del sensor giroscópico que trae consigo el casco y de forma más compleja a través de la interpretación de actividad eléctrica del cerebro. La investigación que contemplaremos, evaluará la asignación de las lecturas cerebrales a acciones concretas del mouse y/o teclado necesarias para el uso correcto de la aplicación.

Asimismo se elaborará una compilación de conocimiento sobre estas tecnologías, con el fin de poder realizar asesoría, capacitación y la generación de nuevos sistemas para personas que presenten alguna dificultad relacionada.

1.4. Resultados esperados

- Aumentar las capacidades de los Sistemas Alternativos y Aumentativos de Comunicación (SAAC) seleccionados para que sean operados mediante interfaces cerebro computadora.
- Exponer los resultados obtenidos respecto de las distintas combinaciones de software y hardware analizados para la comunicación alternativa y aumentativa.
- Contribuir con nuestro desarrollo a mejorar la calidad de vida de personas que por alguna imposibilidad física no pueden utilizar software de comunicación alternativa y aumentativa.
- Generar un conocimiento tal que permita la capacitación y/o asistencia a las personas con necesidades y que sirva como precedente para la generación de nuevo software.
- Determinar con nuestro trabajo cuál es el estado actual de las interfaces cerebro computadoras a nivel nacional e internacional y poder lograr una visión crítica del producto Emotiv Eloc en particular.

1.5. Estructura del informe

En el segundo capítulo seleccionaremos los sistemas alternativos y aumentativos de comunicación más destacados en cuanto a su grado de popularidad y funcionalidades, analizaremos las principales características y limitaciones a nivel teórico. En el tercer capítulo profundizaremos el estudio de estos sistemas, analizando y testeando softwares específicos que representen a estos sistemas en la actualidad.

En el cuarto capítulo hablaremos acerca de las interfaces cerebro computadora, analizando la actualidad de las mismas y las problemáticas, para enfocarnos en el quinto capítulo en el Emotiv Epoc. Finalmente en el sexto capítulo, haremos una integración del Emotiv Epoc, con los sistemas aumentativos y alternativos que hemos desarrollado a lo largo de la tesina. En el último capítulo describiremos las conclusiones y trabajos futuros en base a nuestro estudio y experiencia con los mismos.

Capítulo 2

2.1. Sistemas Alternativos y Aumentativos de comunicación (SAAC)

El ser humano es un ser sociable, necesita de la comunicación con los demás para poder satisfacer sus necesidades. La palabra comunicar deriva del latín *communicare*, que significa “compartir algo, poner en común”. Por lo tanto, la comunicación es un fenómeno que se pone de manifiesto en la relación con los demás. Para que una comunicación sea efectiva debe existir entendimiento. Si no hay entendimiento no hay comunicación.

Basándonos en la Teoría de la Información de Jakobson (1988), pueden identificarse los siguientes componentes dentro del proceso comunicativo:

- Emisor: es quién emite el mensaje
- Receptor: es el destinatario del mensaje
- Mensaje: es la experiencia que se recibe y transmite con la comunicación.

Además de estas componentes, existen otros elementos que conforman los SAAC: los códigos, los canales y la retroalimentación:

Código: Es el conjunto de reglas, signos y símbolos que permiten hacer efectiva la comunicación. La clave para que esto suceda es que tanto el emisor como el receptor conozcan y puedan interpretar el código que se utilizó en el mensaje.

- **Canal:** Es el medio sobre el cual se transmite el mensaje.
- **Contexto:** Es el marco de referencia del mensaje.

La comunicación verbal es el tipo de comunicación en la que se utilizan signos lingüísticos en el mensaje. Los signos son en su mayoría arbitrarios y/o convencionales, ya que expresan lo que se transmite y además son lineales; cada símbolo va uno detrás de otro.

Según María Victoria Escandell (2014):

“Se revela como una actividad compleja en la que intervienen diversos tipos de entidades, representaciones y procesos. En ella, el emisor produce intencionalmente una expresión simbólica y la ofrece como indicio de su intención comunicativa. El destinatario, por su parte, ha de decodificar la expresión lingüística e inferir cuál es la relación entre el indicio ostensivo y la intención comunicativa del emisor para poder recuperar las representaciones que el emisor quería comunicar, acudiendo para ello a procesos heurísticos que tratan de

buscar una explicación verosímil a partir de los datos disponibles. Estos datos incluyen representaciones individuales, pero también representaciones ampliamente compartidas por los miembros de cada cultura y de cada grupo social, que condicionan ampliamente nuestra manera de percibir y de reaccionar ante el entorno”.

La comunicación verbal puede realizarse de dos formas:

- La comunicación oral, a través de signos orales y palabras habladas de forma gestual.
- La comunicación escrita, es por medio de papel o mensajes

A continuación detallaremos los problemas que pueden manifestarse cuando aparecen alteraciones en la comunicación.

2.2. Problemas en la comunicación

Los trastornos de la comunicación son diversos y pueden aparecer en distintas edades. Dentro de estos se incluyen trastornos del habla y trastornos del lenguaje. Los trastornos del habla afectan la capacidad de generar un mensaje de modo comprensible y los trastornos del lenguaje dificultan el entendimiento de las palabras escritas o habladas.

A partir del conocimiento del problema y de las limitaciones que conlleva para la persona afectada, podremos concluir cuál es el mejor sistema de comunicación alternativa o alternativa para lograr que pueda comunicarse.

Trastornos del habla

- **Trastornos de la articulación:** Son aquellos que producen una alteración permanente en la reproducción de determinados sonidos.

Los trastornos de la articulación pueden clasificarse en:

- **Dislalia:** La dislalia consiste en una dificultad en la correcta articulación de los fonemas o grupos de fonemas y es uno de los trastornos más frecuentes de las patologías del lenguaje.
 - **Disglosia:** Denominada también dislalia orgánica, ya que se produce una alteración de la articulación del habla debido a anomalías o malformaciones en los órganos del habla.
 - **Rinolalia:** Alteración en la articulación de algunos fonemas o ausencia total de ellos, asociada un timbre nasal de la voz o timbre muerto.
- **Trastornos de la Fluidez:** son aquellos que afectan a la organización temporal del habla.
 - **Disfemia o tartamudeo:** Alteración en la articulación de algunos fonemas o ausencia total de ellos, asociada un timbre nasal de la voz (nasalización) o

timbre muerto (oclusión oclusión nasofaríngea), por deficiencias en la inervación del velo del paladar, por falta de funcionalidad del mismo o por procesos que provocan oclusión nasofaríngea.

- **Taquifemia:** Se trata del trastorno de la fluidez que se caracteriza por una excesiva rapidez al hablar, donde pueden existir distintas deficiencias como la omisión de palabras o frases desorganizadas.
- **Trastornos de la voz:** problemáticas producidas en cualquier cualidad de la misma: intensidad, voz y timbre.
 - **Disfonía:** es la pérdida del timbre normal de la voz por trastorno funcional u orgánico de la laringe.
 - **Afonía:** es la alteración máxima de la disfonía, la pérdida total de la voz.

Trastornos del lenguaje oral

La adquisición del lenguaje se logra durante los primeros años de vida de los niños. Ciertas características de las personas pueden interferir en el normal desarrollo del lenguaje, como por ejemplo limitaciones cognitivas o una discapacidad motriz. Dentro de los trastornos del lenguaje oral podemos encontrar:

- Retraso evolutivo del lenguaje.
- Alteración de la elaboración del lenguaje.
- Afasia.
- Alteración de la comunicación.

Trastornos del lenguaje escrito

Cuando hablamos acerca de los trastornos del lenguaje escrito nos referimos a las dificultades relacionadas con procesos de lectura y/o escritura, que pueden darse por pérdida de la habilidad una vez desarrollada o por dificultades en el desarrollo de dichas habilidades. Dentro de los trastornos del lenguaje escrito podemos encontrar:

- Alteraciones de lectura
- Alteraciones de escritura

Estas alteraciones se producen en general por alguna discapacidad auditiva, visual y/o motora.

2.3. Clasificación de los SAAC

Dentro de todas las problemáticas que hemos analizado podemos ver como cada una de ellas pueden afectar a una persona a vivir en comunidad y a un desarrollo normal de la comunicación. Cuando la comunicación se vea realmente afectada, necesitamos de sistemas alternativos y aumentativos de comunicación (SAAC) para favorecer a las personas a poder expresar sus deseos, sus sentimientos y a satisfacer de esta manera sus necesidades. Esto permite que la persona recupere su autonomía, tenga libertad para tomar decisiones, pueda aprender y tenga una mejor inclusión social.

Lebian (2016) señala que *“Los sistemas aumentativos y alternativos de comunicación son estilos de expresión diferentes al lenguaje hablado cuya finalidad es la de aumentar o contrarrestar las dificultades en la capacidad lingüística de personas con diversidad funcional”*. En este sentido Yamarit (1993) define a los SAAC como *“instrumentos de intervención logopédica educativa destinadas a personas con alteraciones diversas de la comunicación o el lenguaje y cuyo objetivo es la enseñanza mediante procedimientos específicos de instrucción, de un conjunto estructurado de códigos no vocales que permiten funciones de representación y sirven para llevar a cabo actos de comunicación (funcional, espontánea y generalizable) por sí solos o en conjunción con otros códigos, vocales o no vocales”*.

Comenzaremos indicando la diferencia entre la comunicación aumentativa de la alternativa:

- La comunicación aumentativa surge para potenciar las habilidades comunicacionales de la persona, en particular, la del habla.
- La comunicación alternativa, en cambio, es utilizada directamente pensando en opciones distintas a la del habla.

Analizando estas herramientas en base a los apoyos externos que utilizaremos podemos distinguir entre:

- **Comunicación con ayuda:** En este tipo de ayuda utilizaremos distintos medios técnicos y externos a la persona.
- **Comunicación sin ayuda:** Es la propia persona la que realiza el acto comunicativo, sin medios externos, utilizando sus propios medios, como en el uso del lenguaje de señas.

Si bien podemos deducir fácilmente todas las ventajas que poseen los sistemas aumentativos y alternativos para las personas que lo requieren, podemos notar ciertas falencias que, entendemos con el tiempo, podrán ir mejorando:

- La comunicación muchas veces se ve ralentizada.
- Se necesita de una capacitación por parte de la persona que lo va a utilizar y también a las personas que asisten a dicha persona. Durante nuestra investigación, podemos observar una gran deficiencia por parte de los sistemas para poder acercarse a la

mayor cantidad de personas posibles y a su vez muy poca difusión sobre la cantidad de sistemas existentes que pueden cambiar la vida de muchas personas.

- La comunicación entre varias personas puede llegar a ser compleja.
- La estructura gramatical tiende a simplificarse.

2.3.1. Sistemas con comunicación sin ayuda

Para poder seleccionar una herramienta con comunicación sin ayuda, como primera medida necesitamos podemos establecer las características de la persona:

- Sus capacidades cognitivas.
- Su entorno.
- Sus necesidades.
- Su proceso de aprendizaje.
- La necesidad de productos de apoyos.

Como parte de una generalización podemos establecer que los sistemas más utilizados, en base a las áreas afectadas son:

- Personas con discapacidad física (parálisis cerebral, traumatismos craneoencefálicos, enfermedades neuromusculares progresivas) utilizan principalmente sistemas de comunicación gráficos no vocales, con símbolos, como el Plaphoons.
- Personas con discapacidad intelectual (discapacidad cognitiva, trastornos del lenguaje, autismo) utilizan también sistemas de comunicación gráficos no vocales y sistemas de comunicación sin ayuda, como el lenguaje de señas.
- Personas con discapacidad sensorial (sordera, ceguera) utilizan el lenguaje de signos, la lectura labiofacial y el sistema braille, dependiendo la condición de la persona.

2.3.2. Sistemas con ayuda

“El objetivo de los sistemas de comunicación con ayuda es ofrecer a la persona que no puede hablar, o que tiene un habla poco inteligible, un instrumento útil y eficaz de comunicación funcional, espontánea y generalizable hasta que adquiera el habla, o servirle como complemento o sustituto de ésta durante toda la vida.” (McGraw-Hill, 2019)

De la misma manera que con los sistemas sin ayuda, para poder relacionar una persona con un sistema con ayuda, es necesario establecer las características de la persona y las posibilidades de ajustar el sistema a sus necesidades:

- En el caso ya nombrado de que la persona posea deficiencias en su visión o su audición, será necesario ajustar el sistema para que sea realmente útil. Si pensamos en un sistema informático, podemos entender la necesidad de poder ajustar ciertos parámetros, como ser el tamaño de la letra del programa.
- Necesitamos establecer una buena relación entre el nivel de dificultad que se necesita para lograr interactuar con el mismo y la capacidad de aprendizaje de la persona. Tampoco se puede ser indiferente al entorno de la persona y cual es el grado de ayuda que tiene por parte de familiares u otros individuos y cual es la capacidad de interacción con el sistema que poseen.

A continuación analizaremos los principales sistemas con ayuda utilizados en la actualidad:

- **Sistema Bliss**
- **Sistema de símbolos pictográficos para la comunicación. (SPC)**

2.3.2.1. Sistema Bliss

Es un sistema simbólico, gráfico y visual que simboliza conceptos e ideas y proporciona a las personas con dificultades en la expresión del habla un medio para poder comunicarse.

Su creador fue Charles Bliss, un ingeniero químico, quien soñaba con crear un lenguaje universal. En 1949 publicó su libro Semantography. A pesar de no tener gran repercusión, en 1975 un centro de niños discapacitados de Toronto, Canadá comenzó una revisión y adaptación del sistema Bliss y comenzó a utilizarse para los niños del instituto a partir de cuándo sería rápidamente extendido su utilización a través de distintos lugares del mundo.

El sistema Bliss se compone de símbolos gráficos que poseen un significado. Los símbolos son formados a partir de figuras básicas y pueden combinarse entre sí para generar nuevos significados. con lo que sea crea un sistema complejo capaz de expresar conceptos diferentes.

Dependiendo la categoría de la palabra que quiera simbolizar, el sistema Bliss posee diferentes colores para la identificación de los mismos (Labian Fernández-Pacheco, 2016):

AMARILLO	Personas
VERDE	Verbos
AZUL	Adjetivos
NARANJA	Sustantivos
ROSA	Términos sociales
BLANCO	Términos diversos

Figura 2.1:Colores Identificación de símbolos en el sistema Bliss.

Los símbolos Bliss podemos categorizarlos de la siguiente manera:

- **Pictográficos:** Se parecen al objeto al que representan. Por ejemplo en el caso de querer expresar un sentimiento hacemos referencia a la imagen de un corazón.
- **Ideográficos:** Hacen referencia a ideas. Para representar “abajo” usamos una flecha apuntando hacia abajo.
- **Arbitrarios:** Representan significados convencionales. Por ejemplo signos de puntuación.
- **Compuestos:** Unión de varios símbolos que forman otro distinto. Continuando con el ejemplo del corazón, como símbolo pictográfico de “sentimiento”, podemos establecer estados de ánimo con una flecha para abajo o para arriba.



Figura 2.2: Ejemplo de Símbolos Bliss. Consuelo Belloch Ortí (2013)

2.3.2.2. Símbolos Pictográficos para la Comunicación (SPC)

El sistema de símbolos pictográficos para la comunicación (SPC) es un sistema gráfico y visual formado por un conjunto de dibujos muy sencillos que guardan gran semejanza con la idea o concepto que representan. Generalmente la palabra que representa, está escrita en el dibujo, obviando algunos conceptos muy abstractos para los cuales no se visualiza un dibujo sino solo la palabra. Fue desarrollado en 1981 por Mayer-Johnson, con la finalidad de que sus iconos fueran claramente diferenciables entre sí y de sencilla comprensión.

La principal diferencia entre el sistema Bliss y el SPC es que los símbolos del SPC no representan una gramática propia, sino que se adapta a la gramática del lenguaje materno de la persona que necesite de su uso.

Por otra parte poseen ciertas características comunes:

- Representan palabras y conceptos de uso común.
- Pueden ser usadas por distintas personas con distintas características.
- Ambos son económicos.

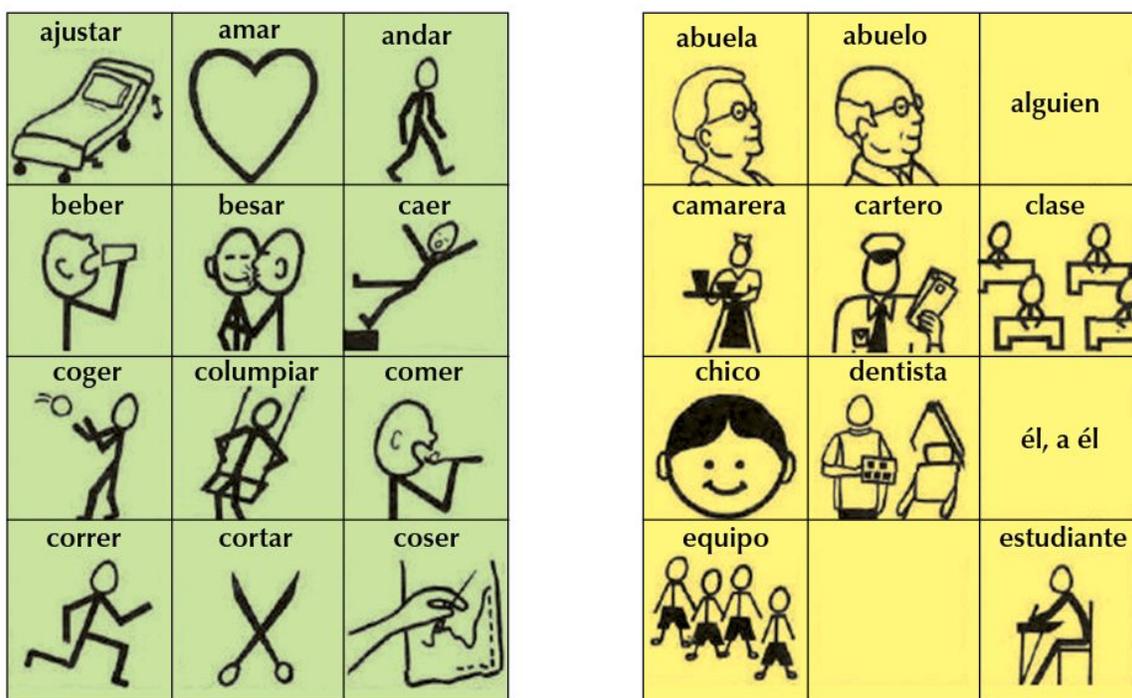


Figura 2.3: Ejemplo de sistema de símbolos pictográficos para la comunicación. (Labian Fernandez-Pacheco, 2016)

2.4. Soportes para Sistemas aumentativos y alternativos de comunicación

2.4.1. Tableros y plafones de comunicación

Los tableros consisten en símbolos, señales o expresiones, dispuestos sobre alguna superficie, desde donde las personas pueden manifestar sus necesidades. Este tipo de soporte permite adecuarse fácilmente al destinatario, tanto en el tamaño, como en el material utilizado. Es importante destacar son de fácil desarrollo y bajo costo de fabricación. Los plafones permiten transportarse en distintas superficies, por ejemplo podemos generar plafones en cuadernos, en aulas, en la habitación de la persona, etc. En la Figura 2.4 se ilustra un ejemplo de una plafon realizado a mano, a un bajo costo.



Figura 2.4: Ejemplo de plafones de comunicación. Departamento de servicios a la comunidad de Aljaraque. (2010)

2.4.2. Soportes Eléctricos: Comunicadores

Los comunicadores son dispositivos eléctricos que permiten a la persona comunicarse mediante una voz pre grabada o mediante la escritura.

Podemos diferenciar según el tipo de voz que se utilice:

- **Voz Digitalizada:** Al pulsar sobre cada una de los casilleros del comunicador, reproduce el significado de la misma, con una voz que fue grabada previamente. Generalmente tiene un muy buen sonido pero tiene la deficiencia de que el vocabulario está limitado por lo grabado previamente.
- **Voz sintetizada:** Al pulsar sobre cada uno de los casilleros del comunicador, generalmente letras, palabras o frases reproduce el significado de la misma utilizando distintos sintetizadores de voz. En los últimos años la tecnología ha crecido y mejorado notablemente su calidad.

En la Figura 2.5 se muestran ejemplos de comunicadores y soportes eléctricos.



Figura 2.5: Ejemplo de comunicadores, soportes electricos. Consuelo Belloch Ortí (2013)

Capítulo 3

3.1 Software aplicados a Comunicación Aumentativa y Alternativa

Con el avance tecnológico de las últimas décadas, podemos visualizar distintos software que ejercen como sistemas aumentativos y alternativos de comunicación.

Utilizar un software de este tipo, traer aparejado un abanico de posibilidades y de caminos para distintas personas, con distintas dificultades y llegar hasta la personalización del uso, de tal manera que sea útil en una gran variedad de contextos.

Haremos a continuación, un análisis por diversos software:

- ACAT
- Plaphoons
- HeadMouse
- Switch Cam

3.2 ACAT

Assistive Context-Aware Toolkit (ACAT) es una plataforma open source, que permite a personas con problemas neuro motrices o discapacidades poder acceder al manejo de una computadora a través de un conjunto de interfaces. Fue desarrollado originalmente por Intel para ayudar al reconocido físico Stephen Hawking.

Hawking poseía un grado avanzado de ELA, el cual le impedía expresarse por sus propios medios, contaba con un solo movimiento voluntario, el cual es clave para poder realizar cualquier intento de comunicación. Hawking hizo famosa esta enfermedad y fue parte clave del desarrollo de ACAT, mediante una metodología iterativa de prueba y evaluación. El hecho de liberar el producto es una política muy esperanzadora para poder llegar a la mayor cantidad de gente posible e ir realizando avances a través de toda una comunidad que pueda aportar mejoras al sistema.

ACAT permite diferentes formas de ingreso de datos:

- **Teclado:** Se puede utilizar la tecla F12 como método de entrada.

- **ACAT Visión:** Es un módulo del sistema, que permite reconocer rasgos faciales a través del uso de una cámara web, con lo cual a través de un movimiento voluntario de la cara uno puede utilizarlo para simular el ingreso de datos.
- **Otros tipos de switches:** Cualquier switch que pueda utilizar la persona puede ser conectado y configurarlo para que simule la tecla F12.
- **Switch Particular ACAT:** Se encuentra en desarrollo un switch particular de Intel, el cual a través de unos anteojos podrá detectar movimientos y ser utilizado como ingreso al sistema.

También pueden utilizarse el teclado y el ACAT Vision fuera de la interfaz de ACAT, junto con el puntero del mouse.

ACAT posee 4 módulos principales:

- **Vision Tryout:** Permite ver el funcionamiento del ACAT Vision.
- **ACAT Tryout:** Permite el tipeo de datos con todos los tipos de switch que mencionamos antes a través de un scanner que va barriendo diferentes opciones y letras. A su vez tiene un diccionario predictivo que mejora ampliamente la velocidad en la escritura.
- **ACAT Talk:** Convierte el texto en sonido. Permite a personas con imposibilidad de habla, comunicarse a través del ingreso de datos.
- **ACAT App:** Utiliza todas las herramientas anteriormente mencionadas y permite interactuar con diferentes aplicaciones como el mail, el navegador web, editores de texto, etc.

La Figura 3.1 muestra el panel general con las opciones que provee ACAT.



Figura 3.1: ACAT Panel General.

A pesar de tener una guía de usuario completa junto con diferentes documentos que intentan explicar el funcionamiento de la aplicación, no nos parece sencilla de utilizar para usuarios finales que no tengan algún tipo de conocimiento informático. Puede tener que ver con la gran cantidad de funcionalidad que provee y que intenta abarcar.

El primer concepto a entender es que el panel de ACAT nos permite acceder a diferentes herramientas sueltas que nos permiten escribir, hablar o interactuar con la computadora o acceder a un sistema agrupado para usar la funcionalidad total.

3.2.2. ACAT Tryout

Es una herramienta simple que nos permite escribir un determinado texto mediante diferentes mecanismos de entrada. Como su nombre lo indica es una aplicación de prueba. Se basa en un barrido lineal que se hace sobre las letras el cual puede ser ajustado a nivel de una velocidad más rápida o más lenta.

Nos indica, como puede observarse en la Figura 3.2, cuál es la palabra que debemos escribir, escrita en color rojo. Son una forma de entrenamiento para el uso posterior completo de la aplicación.

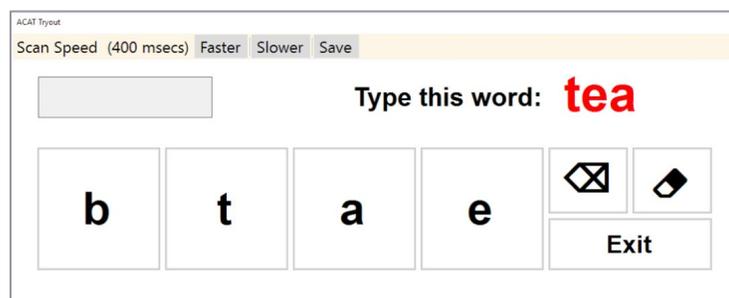


Figura 3.2: Ejemplo pantalla ACAT Tryout.

3.2.3. ACAT Phrase Application

Es otra herramienta simple que permite leer en voz alta por la computadora, distintas frases que el usuario puede ir seleccionando. El modo de selección siempre se realiza de la misma forma, primero se hace un barrido lineal y el usuario a través de algún switch (cámara web, mouse, teclado) va seleccionando las diferentes palabras.

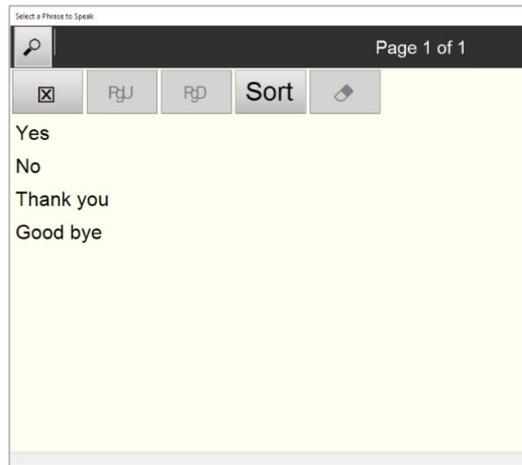


Figura 3.3: Ejemplo pantalla ACAT Phrase.

3.2.4. ACAT Talk Applications

Es una aplicación que permite la unión de distintas funcionalidades de ACAT, entre las que se encuentran poder escribir y lograr que el software lea el texto ingresado. Tiene cuatro variantes las cuales son iguales en funcionamiento, simplemente se diferencian en las distintas maneras de interactuar con el teclado. Esto no nos parece muy claro a simple vista, podría directamente tener una configuración interna y resumirse en el panel con un solo icono.

Las 4 variantes son:

- Talk (QWERTY)
- Talk (ABC)
- Talk(ALT)
- Talk(ALT - ABC)

Las primeras dos variantes usan un barrido clásico, diferenciadas por la forma en que se visualiza el orden de las letras y las últimas dos variantes utilizan un barrido eficiente en base a cuales son las letras mas usadas en el idioma seleccionado.

Versión Qwerty

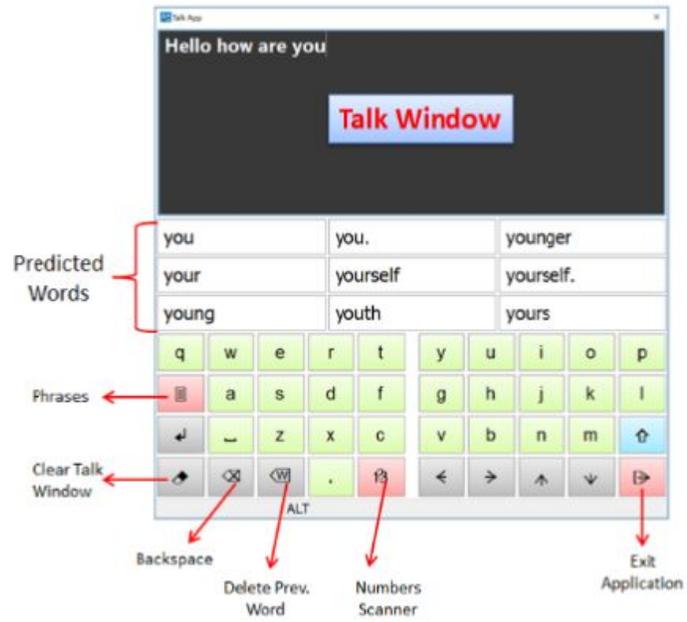


Figura 3.4: Ejemplo teclado Qwerty ACAT.

Version ABC



Figura 3.4: Ejemplo teclado ABC, ACAT..

3.2.5. ACAT Application

ACAT Application es el grado más alto de complejidad dentro de lo que es el sistema ACAT. No solo va a permitir al usuario comunicarse sino además poder interactuar con el Sistema Operativo (Windows), el navegador web, editores de texto, enviar mails, reproducir música y demás aplicaciones. La aplicación se compone de distintos escáneres que nos van a permitir acceder a la interacción con distintos programas. Cabe destacar que este sistema tiene las mismas 4 variantes que las mencionadas anteriormente para el ACAT Talk.

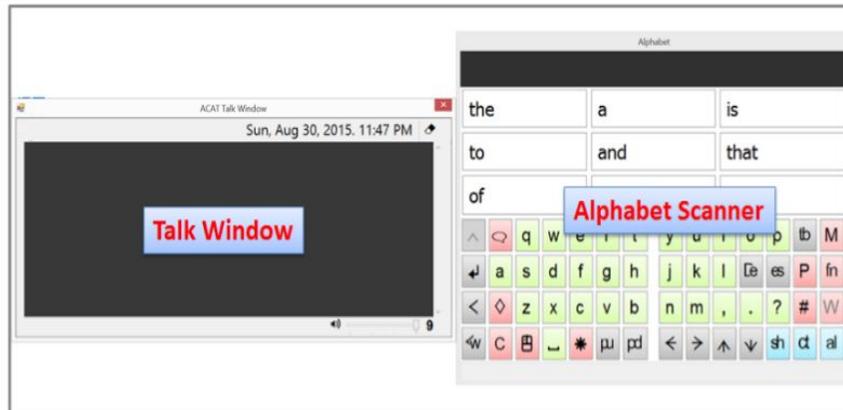


Figura 3.6: Ejemplo scanner ACAT, con reproductor de voz.

Este es el scanner clásico que venimos viendo, el cual nos permite escribir y luego reproducir con voz lo escrito. Ahora a su vez nos va a permitir acceder a otras aplicaciones y escribir sobre las mismas. La Figura 3.6 muestra el menú de herramientas, que nos permite crear archivos de texto o poder abrirlos y modificarlos:

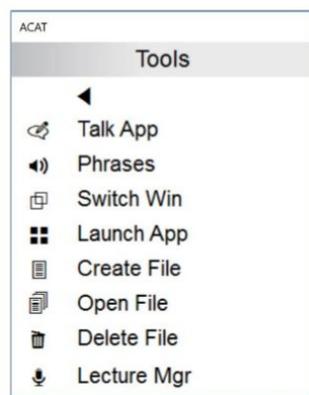


Figura 3.6: Ejemplo menú herramientas ACAT

Como muestra la figura 3.8, también es posible configurar un menú con las distintas aplicaciones con las cuales queremos interactuar:

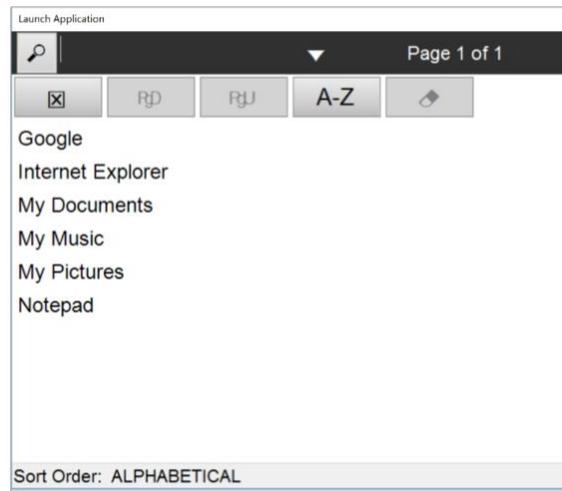


Figura 3.8: Ejemplo menú herramientas ACAT configurable con aplicaciones.

También tenemos un modo de lectura verdaderamente muy útil, en el cual podemos seleccionar un archivo de texto y mediante las herramientas que provee el ACAT, poder escuchar la narración del mismo con distintas modalidades de velocidad e idioma.

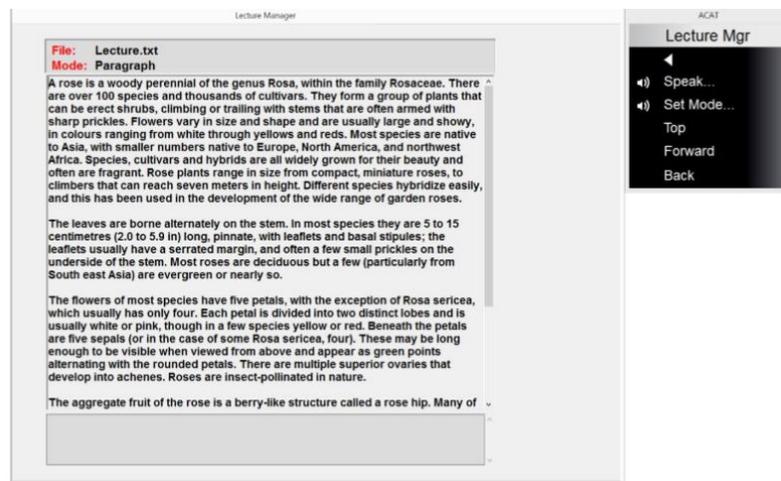


Figura 3.6: Ejemplo modo lectura ACAT.

Una de las opciones que nos da ACAT para poder interactuar con Windows, es hacer un barrido por la pantalla para poder manejar el puntero del ratón sin la utilización del mismo. La Figura 3.10 muestra dos imágenes que ilustran este barrido.

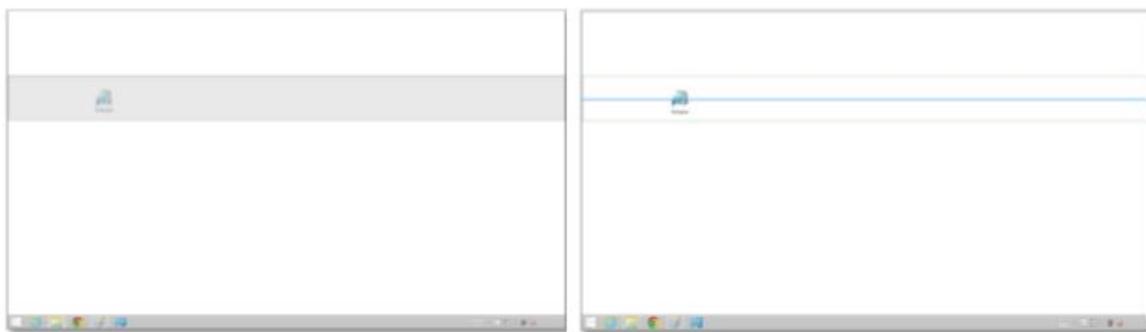


Figura 3.10: Ejemplo barrido del mouse, ACAT.

Este barrido que nos permite hacer ACAT por la pantalla, nos da la posibilidad de una interacción completa con el sistema operativo. Primer seleccionamos una franja principal en la pantalla, para luego especificar a través de un barrido interno horizontal y vertical para ubicar el puntero del mouse donde deseemos.

3.2.6. ACAT Visión

Nos permite utilizar una cámara web como método de ingreso de datos. Primero se debe calibrar la cámara de manera sencillo y luego se debe elegir cuál es el gesto que queremos utilizar para mover el mouse: el movimiento de cejas o el movimiento de boca-mejilla. Esto lo hacemos desde la configuración de la aplicación general de ACAT, no siendo demasiado intuitivo. El registro hecho por la cámara es preciso y funciona correctamente. Se podría agregar una mejora que el movimiento de la cabeza permitiera mover también el mouse. La Figura 3.11 muestra una escena de configuración de la cámara.

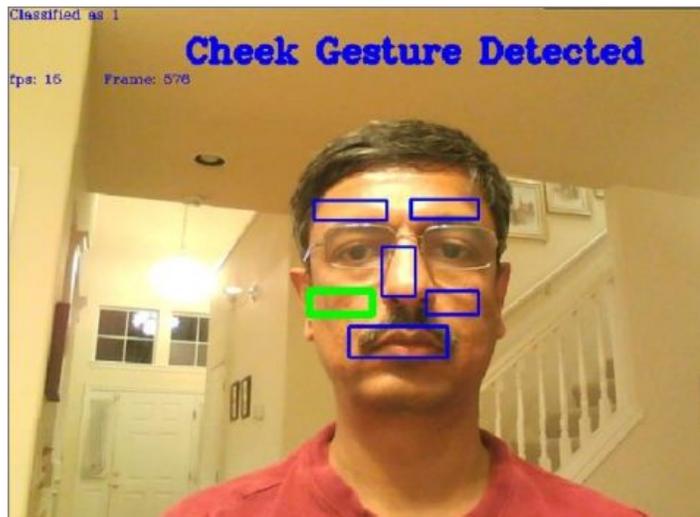


Figura 3.11: Ejemplo utilización ACAT Visión.

3.2.7. Predictor de palabras

La comunicación es una necesidad humana básica. El texto electrónico es un medio de comunicación cada vez más importante. La interacción textual y la generación de texto electrónico son esenciales para una comunicación efectiva.

Sin embargo, la generación de texto electrónico puede ser engorrosa si:

- El dispositivo está equipado con un sistema de entrada de texto limitado, tal como dispositivos que carecen de un teclado estándar, es decir, dispositivos portátiles y teléfonos móviles.
- El usuario tiene discapacidades físicas o lingüísticas que pueden perjudicar su velocidad, exactitud o impedir por completo su acceso a la creación de texto electrónico

Un sistema predictivo de ingreso de texto intenta mejorar la facilidad y velocidad del ingreso textual. La predicción de palabras consiste en computar qué tokens de palabras tienen más probabilidades de ser ingresados a continuación. El sistema analiza el texto ya ingresado y combina la información extraída, con otras fuentes de información para calcular un conjunto de tokens más probables.

El conjunto de tokens más probables -una lista de sugerencias-, se muestra al usuario. Si el token que el usuario pretende ingresar está en la lista, el usuario lo selecciona y el sistema lo introduce automáticamente. Si la lista de sugerencias no contiene la palabra deseada, el usuario continúa introduciendo texto hasta que se ofrezca la sugerencia correcta o hasta que el usuario termine de ingresar texto

ACAT trae consigo un predictor de palabras, el cual va aprendiendo a medida que nosotros vamos utilizando la aplicación. Esto le permitía al físico Stephen Hawking desarrollar con mayor facilidad sus discursos y por lo tanto a cualquier persona comunicarse de una forma cada vez más sencilla a medida que se va usando.

Una de las mejores características que tiene ACAT es que al permitir la extensión de su código y estar en pleno contacto con la comunidad de desarrolladores que colaboran con el software, se han agregando distintos lenguajes con el correr de las versiones, incluyendo el español. En particular ACAT utiliza el software Presage que se describe a continuación.

3.2.8. ¿Cómo funciona Presage?

Utiliza un enfoque que se basa en la teoría de la información. La idea clave es modelar el lenguaje natural como un conjunto de fuentes redundantes de información. La redundancia incorporada en el lenguaje natural es explotada por varios métodos predictivos para extraer información con el fin de generar predicciones.

Las fuentes de información pueden ser clasificadas como estadísticas, sintácticas y semánticas.

- Fuentes estadísticas: Dentro del uso del lenguaje, son las fuentes que evalúan la frecuencia del uso de las palabras dentro de la cotidianidad.
- Fuentes sintácticas: Son las fuentes que evalúan las reglas sintácticas y pueden ayudar a concluir qué palabra corresponde por una determinada regla.
- Fuentes semánticas: Son las fuentes que a través de la información del contexto, la comprensión del mismo proporciona información adicional para aumentar la precisión predictiva.

El resultado del uso de estas fuentes es un modelo de lenguaje potente, flexible y extensible. Presage es software libre y utiliza un conjunto de plugins predictivos, que pueden ser agregados, quitados o modificados, lo que permite una personalización del uso del lenguaje adecuado a cada persona.

3.3. Plaphoons

Es un sistema que nos permite crear plafones, conjuntos de cuadros simbólicos que permiten a una persona comunicarse a través de ellos. Estos plafones pueden contener directamente imágenes para expresar acciones, o estados emocionales o directamente letras que permiten ser utilizados como un teclado. Estos plafones pueden ser impresos y pensados para utilizarse en papeles o pueden utilizarse mediante el sistema a través de distintas funcionalidades que trae consigo el programa. A diferencia del ACAT Plaphoons no permite una extensión de su código.

Cuando empezamos a interactuar con el programa, nos encontramos con una interfaz sencilla que a simple vista parece ser mucho más amigable que ACAT con el usuario. Plaphoons trae consigo distintos ejemplos para que podamos entender el mecanismo de funcionamiento. La Figura 3.12 muestra un plafón de ejemplo, que trae consigo la aplicación y que demuestra un uso básico de la misma.



Figura 3.12: Ejemplo Plaphoons, pantalla general.

El usuario puede ir seleccionando cada uno de estos recuadros y la aplicación mediante el sintetizador de voz de Windows, irá leyendo nuestra selección. El sistema es sumamente flexible para poder modificar los ejemplos que trae y además para poder crear nuevos plafones.

3.3.1. Creación de Plafones personalizados

Básicamente cada plafón está compuesto de:

- Un archivo en formato texto con la extensión **pla**, que se asocia al programa y así poder así se puede cargar un plafón directamente accediendo al archivo.
- Un conjunto de dibujos asociados a cada casilla en formato, BMP, JPG, WMF o ICO.
- Archivo en formato WAV en caso de utilizar sonidos grabados.

La Figura 3.13, muestra la configuración de un plafón, donde se puede seleccionar la cantidad de columnas y filas y un nombre del archivo.

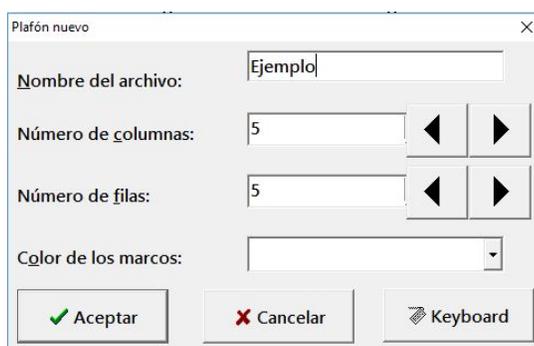


Figura 3.13: Configuración de un Plaphoons

Esto genera, como muestra la Figura 3.14, un esqueleto de un plafón vacío que puede comenzar a editarse.

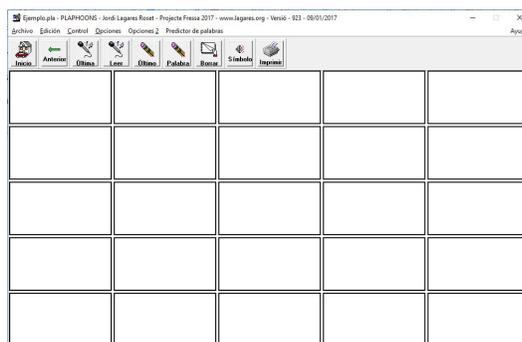


Figura 3.14:Plaphoons inicializado.

Una vez creada la grilla, se puede editar cuadro a cuadro de una forma fácil, indicando el texto, que se va a leer, qué imagen va a contener y opcionalmente un sonido particular a través de un archivo o directamente con nuestro micrófono.

La Figura 3.15 es una captura de una pantalla de configuración de un plafón, pudiendo establecer distintas características, como ser la imagen que poseerá, además del sonido que se ejecutara al desplazarse por el mismo.



Figura 3.15: Configuración de un elemento del plafón

3.3.2. Interacción con la pantalla

La interacción se desarrolla principalmente con el clic izquierdo del mouse. Es destacada la importancia de poder adecuar el tamaño de los recuadros, de las letras, de toda la pantalla de Plaphoons a gusto o necesidad del usuario. Si a su vez el usuario posee alguna dificultad para la utilización del mouse se puede reemplazar mediante algún otro dispositivo y se pueden utilizar distintos tipos de barridos:

- **Barrido automático:** Hace aparecer una barra en la parte izquierda de la ventana del programa y el mouse se mueve automáticamente. En este caso se puede acceder, también, al programa mediante un conmutador, que haga la función del clic izquierdo. Para el barrido automático se ofrecen como pulsadores alternativos: una WebCam, un micrófono, un teclado o una tablet (a partir de la versión 700, la pantalla puede actuar como pulsador).
- **Barrido dirigido:** Mediante la barra espaciadora podemos ir navegando verticalmente y a través del clic izquierdo profundizando a través del espacio horizontal.
- **Sin barrido vertical:** Directamente navegamos horizontalmente por los plafones.

3.3.3. Conexión con otros sistemas

A través de las últimas versiones Plaphoons se puede interactuar con otras aplicaciones, como navegadores web o editores de texto. A su vez los distintos barridos

pueden ser utilizados con cualquier aplicación. La Figura 3.16 muestra Este es un ejemplo de una configuración predeterminada para poder utilizarse con Internet Explorer.



Figura 3.16: Ejemplo Plaphoons, interacción con sistemas

Nos parece que Plaphoons está pensado para ser lo más configurable y plástico posible para ser adaptado a cualquier persona y a cualquier necesidad a pesar de no poder modificar su código fuente y que cada actualización apunta a mejorar esta característica. No solo el hecho es mejorar el producto sino que sea totalmente acoplable a poder configurarse manualmente. Cada nueva característica es agregada en el archivo de ayuda que trae consigo al descargar el sistema.

3.3.4. Predictor de palabras

Una de las últimas actualizaciones de Plaphoons, trajo consigo una característica importante: un predictor de palabras. El predictor funciona mediante diccionarios que debemos importar a la aplicación. La Figura 3.17 ilustra la selección de un archivo desde un sistema de archivos.

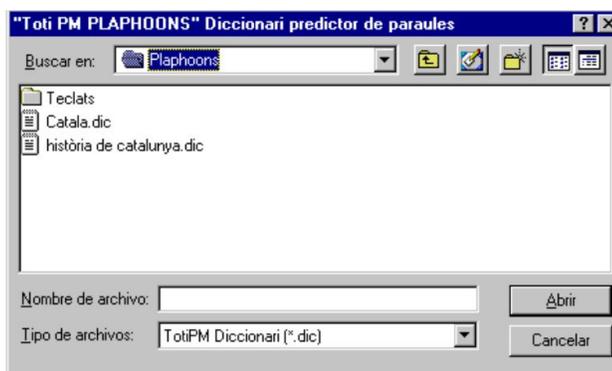


Figura 3.17: Carga de diccionarios con Plaphoons

La utilización del predictor es muy básica, no hay punto de comparación con el software que utiliza ACAT, "Presage". A medida que se ingresan letras, Plaphoons busca en el diccionario que se encuentra precargado y ofrece una opción para completar la palabra en el orden que tenga dispuesto. Por ejemplo si se ingresa la letra "T" siempre aparece la palabra "TABACO" primera porque es la primera que encuentra en el diccionario precargada. A medida

que se van agregando letras, se va perfeccionando la predicción. La Figura 3.18 muestra este escenario.



Figura 3.18: Predictor de palabras del Plaphoons

Es importante destacar que se pueden agregar diccionarios propios y hasta pensando en aplicaciones prácticas, diccionarios temáticos. Por ejemplo si en un determinado contexto la persona necesita hablar acerca de un tema específico, se podrían agregar un conjunto de términos propios del lenguaje de la temática ordenados por distintos criterios para la facilidad de la persona que tiene que usarlo.

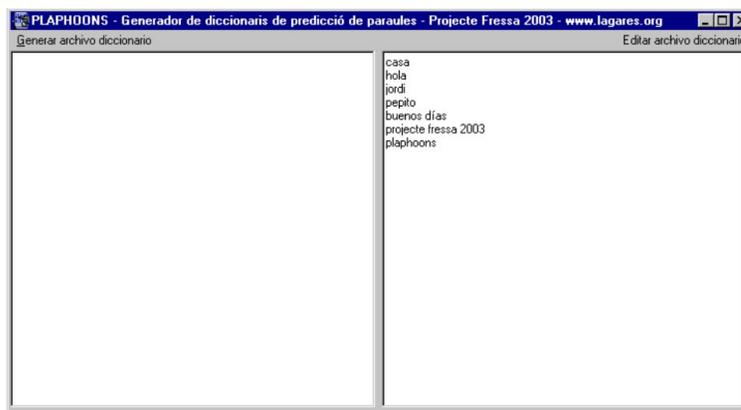


Figura 3.20: Generación de diccionario personalizado.

3.4. HeadMouse

Head Mouse¹ es un software gratuito desarrollado por la Universidad de Lleida, pensado para sustituir el uso convencional del mouse. Permite controlar el desplazamiento del cursor con pequeños movimientos de la cabeza y realizar acciones de clic mediante gestos faciales realizados delante de una webcam. Está especialmente diseñado para personas que no puedan utilizar un mouse tradicional.

¹ Sitio oficial de Head Mouse: <https://www.tecnologiasaccesibles.com/es/catedras/headmouse>

Gracias al apoyo y patrocinio de Indra y de la Fundación Adecco el programa HeadMouse se ofrece de forma gratuita y no requiere ningún tipo de registro. No se autoriza la modificación o adaptación del programa HeadMouse. La limitación que tiene es que solamente puede utilizarse en windows.

El sistema brinda la posibilidad de hacer una calibración automática o manual de la cámara web. En una calibración manual la ubicación de los puntos que tomara la cámara web para marcar los ojos, que sirven como herramienta fundamental, son delimitados por el usuario.



Figura 3.21: Ejemplo HeadMouse, pantalla principal.

La aplicación permite configurar cualquier tipo de clic o arrastre, mediante el pestañeo, el movimiento de la boca o mediante el tiempo, manteniéndose posicionado una cierta cantidad de segundos predefinida.

La Figura 3.22 muestra una pantalla de configuración de HeadMouse donde se puede ver el evento que se quiere inducir, mediante qué gesto, pudiendo realizar un marcaje temporal.



Figura 3.22: Configuración de HeadMouse

3.5. Switch Viacam

Utilizando una cámara web, Switch Viacam permite configurar un área concreta dentro de la cual se detecta cualquier objeto en movimiento, lo que dispara un clic del ratón o la pulsación de una tecla. Su uso es muy sencillo y le permite al usuario reemplazar el uso de un mouse o un teclado por la generación de eventos a partir del uso de una cámara web.

Para configurar la aplicación se debe:

- Tener una cámara web y configurarla apropiadamente en un lugar donde pueda captar la cara del usuario.
- Habilitar el sensor para que detecte , cuando el usuario genere un movimiento dentro de la zona especificada.
- Marcar dentro de la cara de la persona, el área que se tendrá en cuenta para generar el movimiento.
- Opcionalmente se puede indicar un tiempo para el cual el software genera un segundo evento.
- Seleccionar la opción para generar el evento.

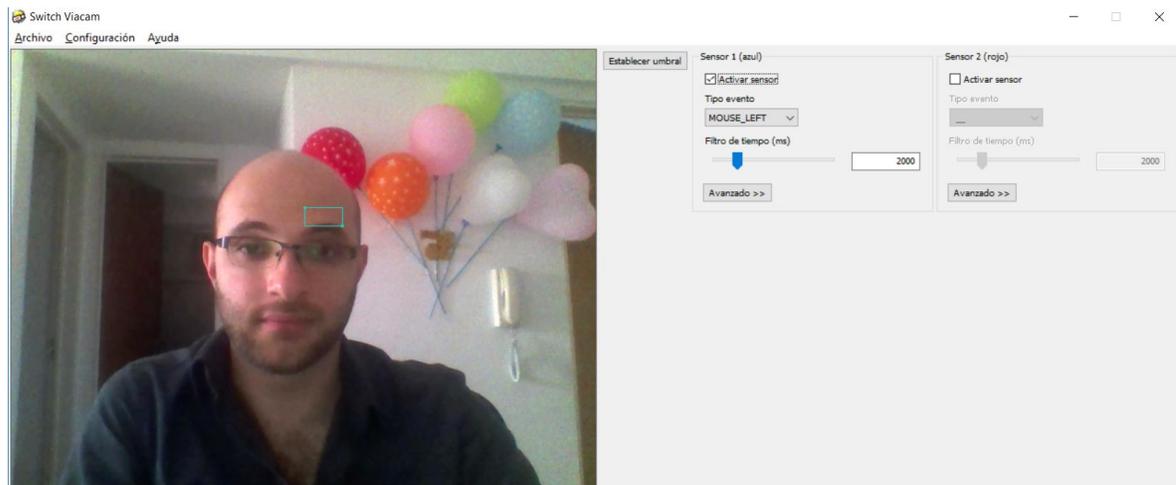


Figura 3.23: Configuración de Switch ViaCam

Como se puede observar se marcó una zona relacionada a la ceja izquierda, para indicar que como evento se genere un clic izquierdo del mouse. Un detalle no menor es que la aplicación es open source y gratuita.

3.6. Cuadro comparativo de tecnologías

	ACAT	Plaphoons	HeadMouse	Switch Viacam
Plataforma	Windows	Windows	Windows	Windows
Gratuita	Si	Si	Si	Si
Open Source	Si	No	No	No
Facilidad de Uso	Media	Alta	Alta	Alta
Facilidad de Configuración	Media	Alta	Alta	Alta
Flexibilidad de configuración	Media alta	Alta	Media	Media
Extensibilidad	Si	No	No	No
Entorno con múltiples aplicaciones integradas	Si	Si	No	No

Como podemos observar, contamos con distintas aplicaciones, diversas, con una gran variedad de documentación pero por sobre toda las cosas complementarias.

Si entendemos las posibilidades que tenemos a partir de estas aplicaciones, analizando las dificultades y fortalezas que posea además el posible usuario de las mismas, se podrá crear un ambiente de uso lo más ajustado posible a sus características.

Sabemos, por ejemplo, que en el caso de ACAT podremos modificar su código fuente para poder extender ciertas funcionalidades, que en el caso de Plaphoons podremos crear un set de cuadros totalmente customizados y que contamos además con el HeadMouse o el Switch Cam como ayudas a la interacción frente a cualquier plataforma planteada.

Ante las dificultades más extremas del usuario, como la imposibilidad de generar movimientos voluntarios, analizaremos en el siguiente capítulo, qué posibilidades nos dan las interfaces cerebro computadora.

Capítulo 4

4. Interfaces Cerebro - Computadora

Durante toda la historia de la humanidad, el ser humano ha fantaseado con la idea de poder descubrir todos los secretos que rodean al pensamiento, a las ideas, a los sueños y cualquier conexión que tenga que ver con el funcionamiento del cerebro.

Los avances tecnológicos han permitido las interfaces cerebro computadoras evolucionen significativamente. En un principio se comenzaron a utilizar estos desarrollos para poder afrontar ciertas enfermedades degenerativas o discapacidades, sobre las cuales parece haber una gran esperanza si uno puede interpretar señales provenientes del cerebro para emular ciertos movimientos o pensamientos que la persona requiera. Hoy en día también se están pensando desarrollos para juegos y manejo de drones controlados únicamente a partir de la actividad cerebral.

Para poder entender en qué consisten estos desarrollos comenzaremos a analizar cómo fueron evolucionando las interfaces cerebro computadoras a lo largo de la historia, comenzando por un análisis del protagonista de estos desarrollos: el cerebro.

4.1. Arquitectura simplificada del cerebro

El cerebro es uno de los principales componentes del cuerpo humano y posee diferentes tareas que son esenciales para la vida. El cerebro puede dividirse en dos partes principales, la corteza cerebral y las estructuras subcorticales. Estas últimas son las encargadas de funciones vitales como el ritmo cardíaco, la respiración, las emociones y los instintos, además del aprendizaje y la memoria.

La corteza cerebral da soporte al procesamiento sensorial y motor además de las funciones de alto nivel, que incluyen el razonamiento, la planificación y el procesamiento del lenguaje. **Sobre esta región es donde se encuentran haciendo foco las interfaces cerebro computadoras.**

Aunque uno podría imaginarse al cerebro como un procesador central, la realidad es que distintas regiones se encargan de distintas funciones. Podemos encontrar de esta manera el **hemisferio izquierdo y el hemisferio derecho**. Ambos hemisferios están conectados entre

sí por una estructura denominada cuerpo calloso, formado por millones de fibras nerviosas que recorren todo el cerebro. Gracias a estas fibras, los dos hemisferios están continuamente conectados.

Responsabilidades del hemisferio derecho

El hemisferio derecho está relacionado con la expresión no verbal. Está comprobante que en él se ubican la orientación espacial, la percepción, la conducta emocional, intuición, reconocimiento y recuerdo de caras, voces y melodías. El hemisferio derecho piensa y recuerda en imágenes.

Responsabilidades del hemisferio izquierdo

El hemisferio izquierdo está relacionado con la parte verbal. Contiene determinadas estructuras encargadas de la capacidad lingüística del hombre. Podemos encontrar la expresión oral, la comprensión del lenguaje, el área receptiva del habla y otras funciones particulares como la capacidad de análisis, el razonamiento lógico, la capacidad de abstracción y la capacidad de deducir entre otras.

4.2. Interpretación del cerebro mediante imágenes

El cerebro puede ser visto como una compleja red formado por miles de millones de neuronas. Cada una de estas neuronas procesa su propia información que luego envía a otras de las que también recibe información.

Para entender de qué estamos hablando debemos definir qué es la sinapsis. La sinapsis es un espacio que existe en una neurona y otra célula (neurona o no). Físicamente es una separación pero funcionalmente es una conexión que permite la transmisión de información. El primer hombre que mencionó el concepto de sinapsis fue Ramón y Cajal, al demostrar que el tejido nervioso estaba formado por un conjunto de neuronas. Todas las células poseen una carga eléctrica. La concentración de sales de su interior es distinta a la del medio en el que se encuentran y esta diferencia les confiere una carga eléctrica.

La membrana celular separa el interior del exterior de la célula, posibilita que las concentraciones de sales sean distintas. Si se hace permeable, las concentraciones tenderán a igualarse, los iones más abundantes a un lado pasarán como un torrente de agua hacia el otro lado. Como son iones tienen una carga eléctrica y por eso hablamos de corriente eléctrica. La sinapsis es el lugar en el que se genere el impulso eléctrico

Las neuronas son células especializadas en transmitir electricidad y para ello modifican la permeabilidad de su membrana en el axón, permitiendo la entrada y salida de sales y con ello la transmisión del impulso eléctrico. Los avances tecnológicos especializados en tomar

imágenes del cerebro permiten observar los intercambios eléctricos, químicos o de sangre, que realizan los procesos cerebrales. Analizando estas imágenes podemos inferir ciertos procesos cognitivos que ocurren en el cerebro en un tiempo dado.

A continuación describiremos uno de los estudios más utilizados, ante la necesidad de estudiar la actividad cerebral: el electroencefalograma.

4.2.1. Electroencefalograma (EEG)

El Electroencefalograma es una prueba no invasiva que permite estudiar la actividad eléctrica cerebral, usa electrodos colocados directamente en el cuero cabelludo para medir potenciales eléctricos generados por la actividad del cerebro. Debido a los huesos y la piel que separan los electrodos de la actividad eléctrica, las señales tienden a ser suavizadas y podemos encontrar lo que se conoce como ruido en la señal, y es espacialmente imprecisa. Cabe destacar que esta es la tecnología predominante en el trabajo de ICC.

La ventaja del EEG es su excelente resolución temporal (milisegundos), que permite que los cambios en la actividad neuronal cerebral pueden ser instantáneamente medidos. Otras técnicas como la Resonancia Magnética, proveen una precisión espacial muy buena, pero se debe esperar varios segundos por cada lectura.

Por otra parte tenemos la ventaja de que el EEG es una técnica no invasiva, no se requiere insertar electrodos en el interior de la cabeza y permite sacar buenas conclusiones, además de su bajo costo comparado con otras tecnologías. Sin embargo, la desventaja del EEG es que tiene una pobre resolución espacial: no se sabe exactamente dónde está la fuente generadora de lo que se registra en el cuero cabelludo. Existen diversos procedimientos matemáticos que, a partir de los datos de valores de voltaje, permiten buscar el origen neural de la señal que los electrodos captan a nivel superficial. Cuando se aplican estos procedimientos se pueden obtener varias soluciones, no tiene solución única, es decir, no se puede conocer a ciencia cierta la región del cerebro generadora de esa actividad.

En el caso de las ICC, cuantos menos electrodos tengamos, más se manifiesta esta desventaja, además de la necesidad de la utilización de distintos filtros para poder obtener una señal clara para ser interpretada.

4.3. Electrodos

“En el cuerpo humano, los iones son responsables del transporte de las cargas liberadas por los potenciales celulares subyacentes a los fenómenos electrofisiológicos.

Para medir este desplazamiento de carga, necesitamos un transductor, el electrodo, para convertir la corriente iónica en corriente eléctrica que pueda ser medida por nuestros sistemas de adquisición.” (Clerc, M., Bougrain L., Lotte F. 2016)

Los sensores en general, y en particular los electrodos, son el primer segmento de la cadena de adquisición y procesamiento. Determinan la calidad de la adquisición y, por lo tanto, condicionan la calidad de la señal adquirida.

Podemos distinguir entre 2 tipos de técnicas de obtención de datos:

- **Invasiva:** Situado directamente en el cerebro mediante neurocirugía. Este tipo de sistemas hace uso de miles de electrodos localizados en un pequeño circuito integrado (IC). Aunque estos sistemas permiten obtener una gran calidad en las señales, el uso de esta tecnología es muy limitado debido a la necesidad de técnicas quirúrgicas y sus potenciales riesgos derivados del uso a largo plazo.
- **No invasiva:** Este tipo de técnicas recoge la actividad cerebral sin realizar intervención quirúrgica sobre el sujeto, a través de electrodos que se colocan en el cuero cabelludo. El uso de este tipo de dispositivos es preferible debido a su facilidad de utilización, portabilidad, y menor costo. Sin embargo, las medidas obtenidas a través de estos sistemas carecen de resolución espacial y sufren efectos perniciosos de ruido. En los últimos años, el diseño de sistemas ha hecho posible integrar los sensores en dispositivos de adquisición portátiles que pueden ser acomodados en gorros, bandas y cascos. El electroencefalograma se enmarca dentro de este último grupo, y se ha convertido en el enfoque más utilizado por sistemas ICC debido a su utilidad y fiabilidad.

La mayoría de los electrodos que se usan actualmente para aplicaciones electrofisiológicas en humanos son cutáneos, y utilizan el gel como interfaz entre el metal y la piel. Este gel, que puede ser más o menos líquido, es un producto iónico conductor, por lo tanto, debe permanecer estable durante varias horas (sin evaporarse durante largos períodos de medición) y, además, puede tener propiedades adhesivas. Debido a su estado líquido, este gel crea un buen contacto con la piel y, por lo tanto, puede evitar las capas delgadas de cabello. Además, al humidificar la capa externa de la piel, generalmente un aislante, esta capa se vuelve conductora, y el gel mejora en gran medida la dificultad de contacto del electrodo.

Como desventajas podemos mencionar que el gel comúnmente utilizado se va secando con el correr de las horas lo cual logra un deterioro en la señal. Otro problema que existe, es la cantidad de tiempo que se demora la instalación de la interfaz cerebro computadora, humectando cada uno de los sensores y verificando la calidad de la señal, siendo un proceso incómodo para el usuario y que debe repetirse en cada uso de la misma.

La conductividad del gel, la preparación de la piel y el rendimiento del electrodo son todos los parámetros que afectan la impedancia global del sistema y, por lo tanto, la calidad de la señal registrada. Lograr la tolerancia al movimiento y la interferencia electromagnética y, en particular, la estabilidad a lo largo del tiempo es el principal desafío que presentan las interfaces cerebro computadora. Aunque los electrodos de EEG han cambiado poco desde que

se introdujo el EEG, los avances tecnológicos recientes, los nuevos materiales y los nuevos equipos sugieren que podrían haber avances importantes en el horizonte.

4.3.1. Ubicación de los sensores

El sistema internacional 10-20 es un método reconocido internacionalmente para describir y aplicar la ubicación de los electrodos del cuero cabelludo en el contexto de un estudio EEG.

El sistema se basa en la relación entre la ubicación de un electrodo y el área subyacente del cerebro, específicamente la corteza cerebral.

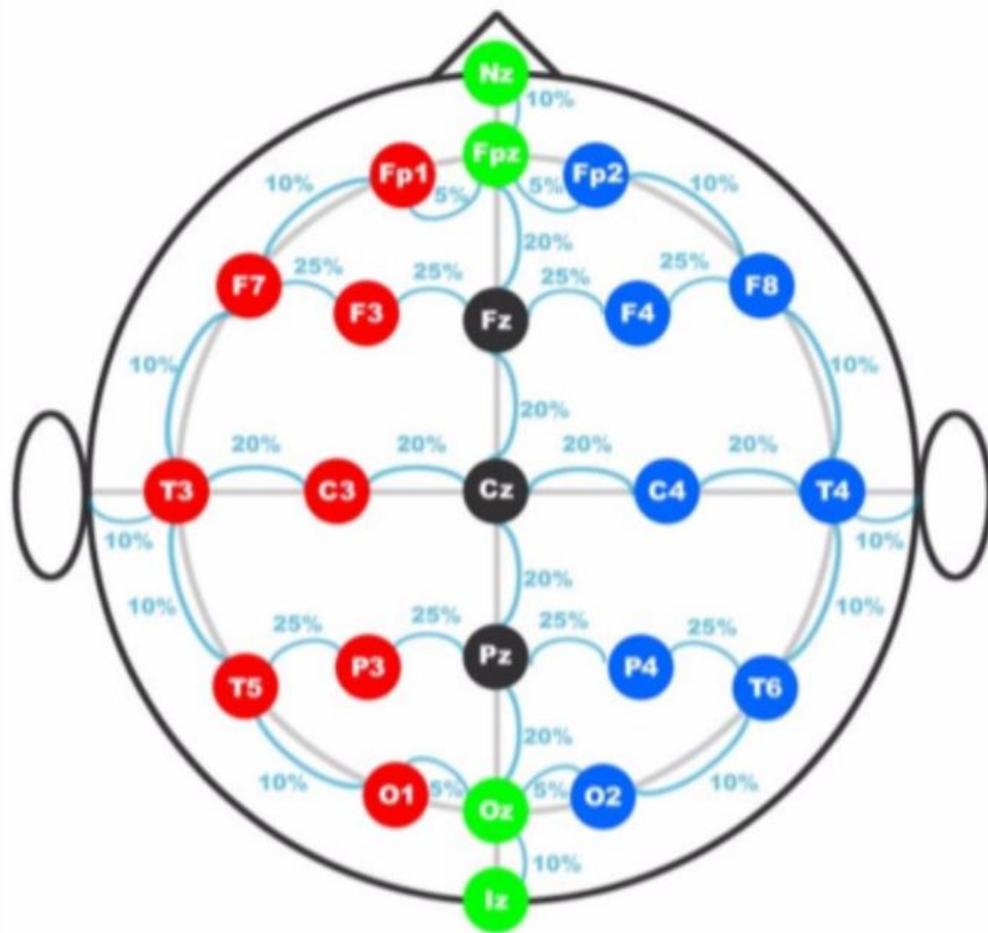


Figura 4.1: Ubicación de sensores, sistema internacional 10-20. Lopez (2017)

El "10" y el "20" se refieren al hecho de que las distancias reales entre los electrodos adyacentes son el 10% o el 20% de la distancia total entre el frente y la derecha o la izquierda

del cráneo. Si bien la colocación varía de un paciente a otro de acuerdo al tamaño del cráneo, las proporciones se mantienen.

Nomenclatura

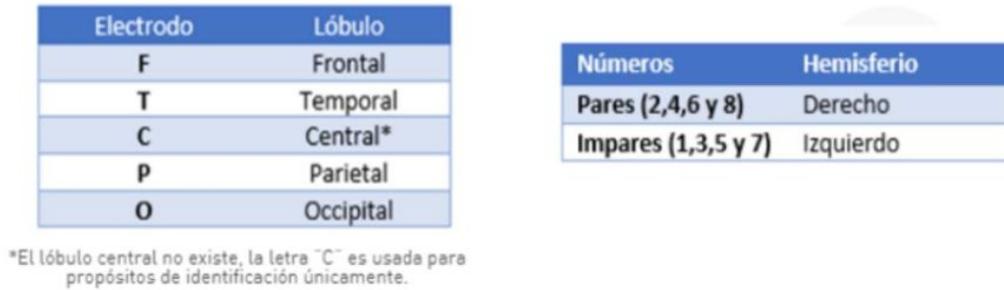


Figura 4.2: Nomenclatura sistema internacional 10-20. Lopez (2017)

Ventajas

- Este sistema ha permitido unificar internacionalmente la terminología y colocación de electrodos en el cráneo facilitando el procesamiento de la señal.
- Brinda una adecuada cobertura de la superficie craneana.
- Nos ofrece flexibilidad para la colocación de electrodos adicionales, dentro del marco establecido.

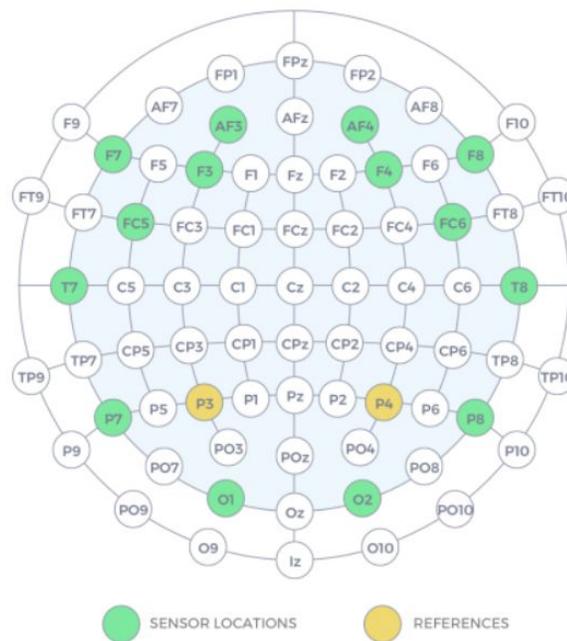


Figura 4.3: Ejemplo distribución sensores en una interfaz cerebro computadora de 16 sensores (Emotiv EPOC)

4.4. Del pensamiento a la acción

Gran parte del trabajo del desarrollo de las interfaces cerebro computadora se centran en mejorar la vida de los pacientes con trastornos neuromusculares graves como la esclerosis lateral amiotrófica (ELA), accidentes cerebrovasculares o lesiones de la médula espinal. En las últimas etapas de estos trastornos, muchos pacientes pierden el total control de sus movimientos voluntarios. Algunos incluso necesitan ayuda con funciones vitales como la respiración. Sin embargo, muchos de estos pacientes conservan el control total de sus habilidades cognitivas. Mientras que las tecnologías médicas que aumentan las funciones corporales vitales han extendido de una gran forma la vida útil de estos pacientes, estas tecnologías no alivian la frustración mental o el aislamiento social causado por la incapacidad de comunicarse con el mundo exterior. Proporcionar a estos pacientes, interfaces cerebro-computadora que les permitan controlar las computadoras directamente con sus señales cerebrales podría aumentar drásticamente su calidad de vida. La complejidad de este control abarca desde decisiones binarias simples hasta mover un cursor en la pantalla hasta el control de una prótesis mecánica.

Para utilizar con éxito una interfaz cerebro-computadora, los usuarios deben aprender a manipular intencionalmente las señales cerebrales. Hasta la fecha, existen dos enfoques para capacitar a los usuarios para controlar sus señales cerebrales (Eleanor A. Currana,^b and Maria J. Stokesa, 2003):

En el primer enfoque, a los usuarios se les asignan tareas cognitivas específicas, como imágenes motoras para generar actividad cerebral que pueda ser interpretada. Usando esta técnica, el usuario puede enviar una señal binaria a la computadora, por ejemplo, imaginando secuencias de descanso y actividad física como mover sus brazos o sus piernas. El segundo enfoque, llamado *condicionamiento operante*, proporciona a los usuarios retroalimentación continua cuando intentan controlar la interfaz. Los usuarios pueden pensar en cualquier cosa (o nada) siempre que logren el resultado deseado. Durante muchas sesiones, los usuarios adquieren el control de la interfaz sin ser conscientes de cómo están realizando la tarea. Desafortunadamente, muchos usuarios encuentran esta técnica difícil de dominar.

4.4.1. Interfaces de control mental

La interfaz de control de un sistema de interfaz cerebro-computadora (ICC) es definida por Mason (2013) como el componente que traduce las señales de control lógicas producidas por un clasificador de señales neuronales, en señales de control semánticas para intentar controlar un determinado dispositivo. (Steven G. Mason, Gary E. Birch, 2013). En pocas palabras, la Interfaz de control (IC) es el componente de una interfaz cerebro computadora que el usuario observa para realizar tareas mentales y obtener retroalimentación de su performance.

Las interfaces de control cumplen tres funciones principales:

- Visualizar el estado del software o dispositivo que se esté intentando controlar.
- Visibilizar el estado de las señales neuronales del usuario.
- Proporcionar una representación de tareas de control para la interfaz cerebro computadora.

En nuestra investigación con el Emotiv EPOC, pudimos utilizar distintas interfaces de control que nos provee el dispositivo, para entrenar nuestra interacción frente a la interfaz cerebro computadora.

La palabra “entrenar” resulta clave en toda interacción con estas interfaces, ya que la interpretación de las señales neuronales es un ejercicio que no resulta para nada sencillo.

4.4.2. Tareas de control

Una tarea de control, representa el intento de un usuario de interactuar correctamente frente a una interfaz cerebro computadora, produciendo cambios en su actividad cerebral, los cuales serán interpretados.

Como mencionamos anteriormente las tareas de control se pueden dividir en dos categorías principales:

- **Paradigmas exógenos**
- **Paradigmas endógenos**

Paradigmas Exógenos

En los paradigmas exógenos, el usuario concentra la atención en un conjunto de estímulos que producen cambios en las señales cerebrales que pueden ser detectados por una interfaz cerebro computadora.

Podemos encontrar diferentes ejemplos de paradigmas exógenos. Un claro ejemplo es la utilización de la onda P300.

La onda P300, es un potencial evocado, que puede ser detectado por un electroencefalograma, teniendo una latencia de 300 ms en el mismo. La utilidad que se le da

generalmente a la onda, es la medición de la función cognitiva de los procesos de toma de decisiones. La facilidad en su reproducción hace de esta señal una buena opción, común para los test psicológicos tanto clínicos como de laboratorio.

Farwell (1988), describe la utilización de una interfaz con la ayuda del P300. (L.A. Farwell and E. Donchin, 1988) Se le presenta al usuario una pantalla con diferentes letras en una matriz, sobre la cual el usuario debe prestar atención en una determinada letra. Aleatoriamente se van resaltando letras dentro de esta matriz. El P300 aparece cada vez que coincide la elección del usuario con letra resaltada por el sistema. De esta manera combinando distintos efectos sobre la matriz podemos ir deduciendo un conjunto de letras hasta formar palabras bajo este paradigma.

Paradigmas Endógenos

En una interfaz de control endógena, el usuario realiza voluntariamente una tarea mental que activa una parte particular del cerebro, como cantar en silencio o imaginar movimientos de las manos. Las respuestas endógenas no requieren un estímulo, aunque las indicaciones se pueden utilizar señales para mejorar las características de respuesta. Los usuarios pueden aprender a mejorar las respuestas de la señal cerebral.

Dos de los primeros y más cuidadosamente estudiados paradigmas de interfaz de control son los Potenciales Corticales Lentos (SCP) (Birbaumer 2006) y la respuesta murítmica (Wolpaw et al. 2003). Estos ICC endógenos se basan en respuestas voluntarias y condicionadas de los usuarios. Los sistemas basados en SCP dependen del condicionamiento operante para capacitar a los usuarios para cambiar la polaridad (positiva o negativa) de sus SCP.

Los sistemas basados en Mu operan en movimiento real o imaginario reflejado en la corteza motora; un sistema ICC basado en mu mide la amplitud de la señal de la banda mu para efectuar el control. Tanto las ICC basados en SCP como los basados en Mu-rhythm se han demostrado para el control del cursor y la selección de objetivos (Birbaumer 2006; Schalk et al. 2008; Wolpaw et al. 2003). Las ICC basados en SCP y Mu se utilizan a menudo para la selección de objetivos, como la ortografía. En las tareas de adquisición de objetivos visuales, la posición de un puntero o cursor se manipula utilizando la entrada endógena (como un usuario que imagina el movimiento de la mano).

Capítulo 5

5.1 Características del Emotiv Epoc

Emotiv Inc. es una empresa Australiana encargada de desarrollar tecnología relacionada con interfaces cerebro computadora, basados en electroencefalografía. La Figura 5.1 ilustra el dispositivo Emotiv Epoc, lanzado por esta compañía en el año 2013.



Figura 5.1: Emotiv Epoc

Este dispositivo permite realizar detecciones de expresiones faciales y permite monitorear un conjunto de rasgos emocionales en tiempo real. Es inalámbrico, posee un conector usb que envía las señales mediante bluetooth.

Está compuesto por:

- 14 sensores utilizados para capturar señales cerebrales y contiene 2 sensores extras que sirven como referencia para el casco.
- un giroscopio que permite capturar los movimientos de la cabeza del usuario que lo utilice.
- Posee una batería de litio que según la documentación oficial provee 12 horas de continuo uso.

5.2 Configuración inicial

La configuración inicial del Emotiv Epoc consiste en humedecer cada uno de los sensores que pretendemos detecten información.

La Figura 5.2 muestra el set de sensores que debe colocarse en el casco. Antes de hacerlo, deben ser humedecidos por una solución salina multipropósito, la que habitualmente se utiliza para humedecer lentes de contacto. A pesar de no referir alguna marca en particular, con la que hemos conseguido un mejor contacto es con la solución “Renu”. La incidencia de la solución multipropósito es muy grande, ya que la calidad de lectura que conseguiremos está atada al buen contacto que establezcamos entre los sensores y la cabeza.



Figura 5.2: Set sensores Emotiv Epop

Una vez mojados los sensores, la persona que va a realizar la prueba debe colocarse el casco y un software particular del Emotiv nos indicará cual es el estado de cada uno de los sensores. La Figura 5.3 ilustra una captura de pantalla de software Emotiv, donde los sensores tienen un color según el estado:

- El color negro nos indicará que no tenemos ningún tipo de contacto.
- El color rojo nos indicará que la calidad de la señal es muy mala.
- El color naranja nos indicará que la calidad de la señal es mala.
- El color verde nos indicará que poseemos una buena calidad de señal.

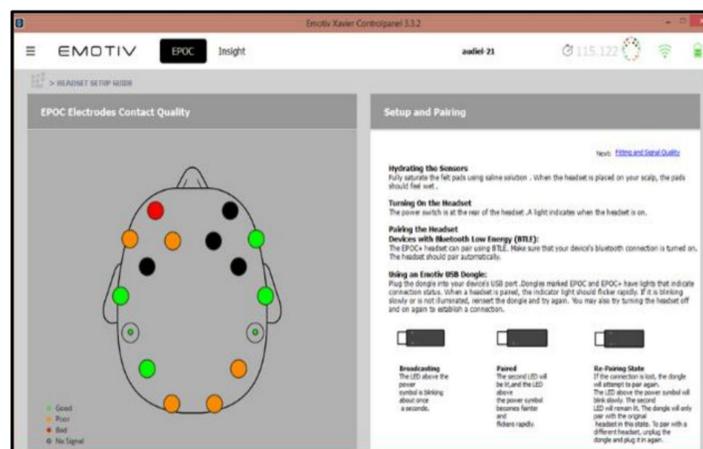


Figura 5.3: Configuración sensores Emotiv Epop

Finalizado el uso del dispositivo, es necesario limpiar cada uno de los sensores, para garantizar un uso que pueda ser extendido en el tiempo. En nuestro caso e investigando otras personas que han usado el hardware, hemos tenido ciertos inconvenientes, ya que, a pesar de limpiarlos, los sensores se van oxidando con el tiempo hasta ser inutilizables. La consecuencia más notoria del óxido, es la pérdida en la calidad de la señal del sensor involucrado.



Figura 5.4: Óxido en sensores Emotiv Epoc. Duvinage (2013)

Otro factor a tener en cuenta, es la cercanía con el dispositivo USB que recibe las señales del casco. Hemos tenido problemas al usar una computadora de escritorio donde el USB no estaba cerca del casco, al menos en el uso inicial de la configuración, con lo cual al utilizar una notebook, nos ha sido durante las pruebas más práctico y no hemos tenido problemas de conectividad.



Figura 5.5: Imagen dispositivo USB, Emotiv Epoc.

5.3. Emotiv Xavier: Panel de Control

5.3.1 Reconocimiento Facial

El Emotiv Epoc permite realizar un reconocimiento de distintas expresiones faciales en tiempo real. El hardware trae consigo un software para poder visualizar esta funcionalidad mediante un rostro que va realizando todos los movimientos que el usuario realice.

Dentro de los gestos que es capaz de reproducir podemos encontrar:

- Parpadeo.
- Cierre del ojo derecho.
- Cierre del ojo izquierdo.
- Mirar hacia un costado con los ojos.
- Fruncir el ceño.
- Levantar las cejas.
- Sonreír.
- Apretar los dientes.
- Reír.
- Sonreír con la mitad de la boca.

Al comenzar a ver los gestos reproducidos por el Emotiv, entendemos que existe una gran sensibilidad en la señal que captura el casco, además de mucho ruido que distorsiona la verdadera señal.

Por otra parte, es importante entender que el casco funciona de una manera diferente para cada persona, con lo cual para toda funcionalidad que se utilice es necesario “entrenar”, para que con el tiempo, se logre un mejor funcionamiento. Según la documentación del Emotiv, generalmente en los sistemas de electroencefalografía no se toman en cuenta las señales provenientes del movimiento de los músculos, las cuales son tomadas como ruido. En el caso de este producto, lograron clasificar estas señales y al ser recibidas son combinadas con las señales propias del cerebro para lograr una mejor interpretación de las mismas.

En el caso específico de la reproducción de gestos, el software trae consigo un regulador de sensibilidad para cada uno de los mismos, los cuales debemos adaptar para cada persona que intente utilizar el casco. se pueden entrenar cada uno de los gestos de forma individual.

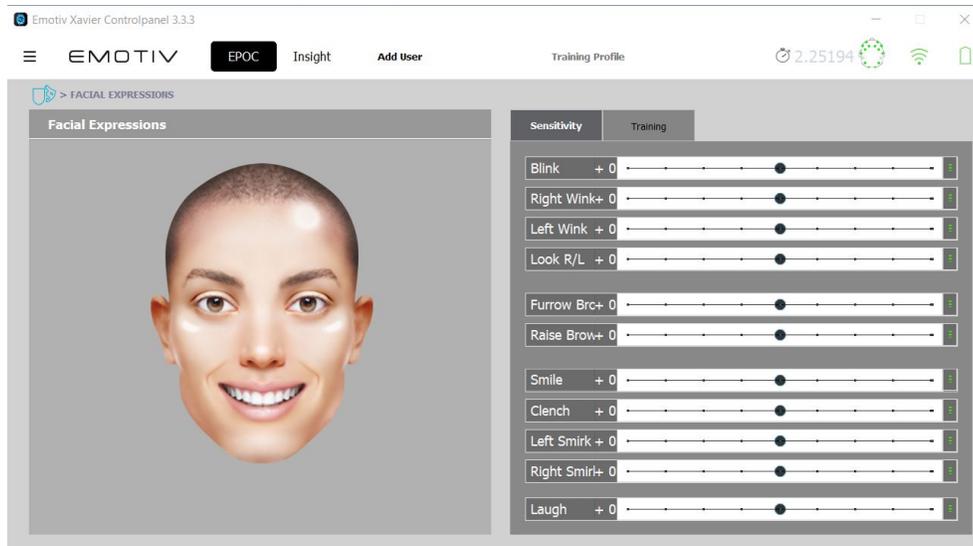


Figura 5.6: Emotiv EPOC, reconocimiento facial, sonrisa.

Desde nuestra experiencia, se necesitan muchas horas para que con el uso mismo se pueda regularizar la performance a un nivel alto de excelencia. Depende mucho también de la cantidad de gestos que nos interese capturar en cada una de las pruebas.

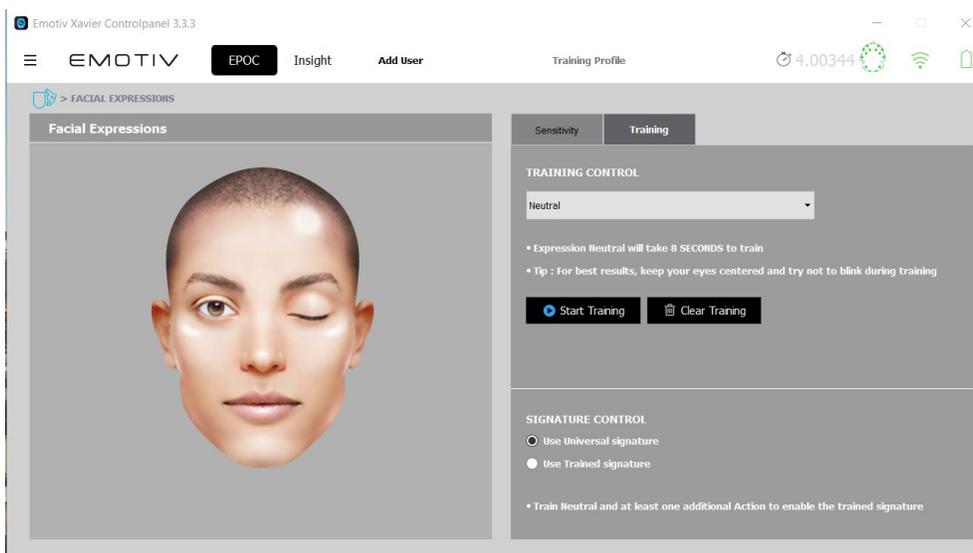


Figura 5.7: Emotiv EPOC, reconocimiento facial, guiño de ojo.

5.3.2 Detección de emociones

Emotiv provee 5 mediciones provenientes directamente de la actividad cerebral. Cada medición automáticamente se ajusta a ciertos rangos por defecto y aprende con el tiempo a detectar estados normales para poder ajustar de una mejor manera las emociones que intenta reproducir.

Estas emociones son:

- **Excitación instantánea:** Se define como una conciencia o sentimiento de excitación fisiológica con valor positivo. La excitación está relacionada con la activación del sistema nervioso simpático, el cual tiene distintas manifestaciones como las pupilas dilatadas, estimulación de las glándulas sudoríparas, aumento del ritmo cardíaco y de la tensión muscular e inhibición digestiva. La detección de acción instantánea se ajusta para que los receptores programados puedan capturar ciertas modificaciones en periodos cortos.
- **Excitación a largo plazo:** Mide exactamente lo mismo que la excitación instantánea pero está programado para evaluar las mediciones y las modificaciones durante períodos más largos.
- **Compromiso:** El compromiso se experimenta como el estado de alerta y atención hacia una tarea. Se caracteriza por el incremento de la excitación y de las ondas beta junto con ondas alfa atenuadas. El polo opuesto en ciertas versiones del Emotiv se conoce como “aburrimiento” a pesar de que muchas veces no refleja el verdadero estado del usuario.
- **Interés:** Marca el nivel de interés que se tiene por una tarea. Un bajo nivel de este parámetro indica que hay un bajo interés por la tarea. Un alto nivel marca un disfrute por la tarea.
- **Relajación:** Intenta medir el nivel de la persona para recuperarse luego de una intensa concentración.
- **Estres:** Marca el nivel de comodidad que se tiene con la tarea actual. Un alto estrés puede marcar una gran dificultad para completar la tarea, pasando por sentimientos negativos. Generalmente un bajo nivel de stress marca una buena productividad.

Segun la documentacion del Emotiv, en un primer intento, el hardware toma como parámetros diferentes pruebas que se fueron realizando con distintas personas, para lograr tener ciertos puntos de referencia “universales”. A partir del uso de la persona, con el tiempo, se irá mejorando la performance del dispositivo, por eso es importante mantener una cuenta asociada al Emotiv, donde ir guardando cada una de las pruebas que se realizan.



Figura 5.8: Emotiv EPOC, detección de emociones.

Gráficamente podemos visualizar dos cuadros, en los cuales en el cuadro superior tenemos un análisis de 30 segundos de información y en el cuadro inferior un análisis a largo plazo. Es difícil hacer un análisis de la correctitud de estas señales, ya que como fue explicado en la documentación se necesita de un estudio a largo plazo y en la convivencia con distintas actividades rutinarias para poder verificar que las emociones que intenta captar sean lo más reales posibles.

5.3.3 Detección de comandos mentales

El Emotiv mediante su software principal, el Emotiv Xavier Control Panel, nos permite entrenar una cierta cantidad de comandos mentales. Un comando mental está definido a partir del entrenamiento de la persona, para poder adjudicar los mismos estímulos cerebrales a una serie de acciones que nos da a elegir el Emotiv.

La detección está diseñada para trabajar con 13 acciones diferentes divididas en 3 grupos:

- Acciones direccionales: Empujar, atraer, izquierda, derecha, arriba y abajo.
- Acciones rotacionales: sentido horario, sentido contrario al horario, izquierda, derecha, adelante y atrás.
- Acción extra de desaparición.

Para poder entender mejor el funcionamiento de estas acciones, podemos visualizar mediante una imagen, como el software nos presenta estas posibilidades:

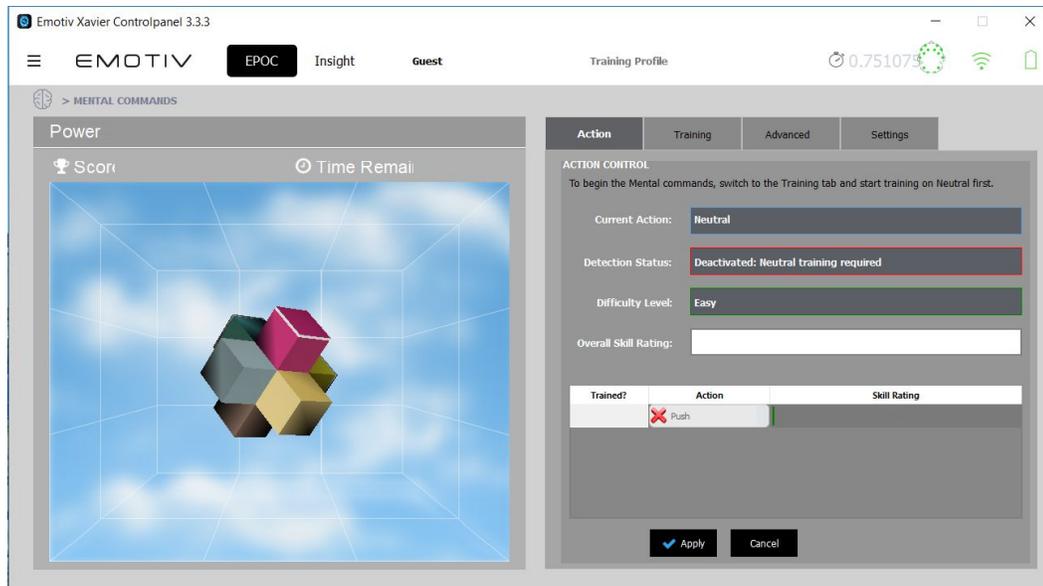


Figura 5.9: Emotiv Epor, detección de comandos mentales.

La pantalla principal nos permite visualizar un cubo, al cual podemos aplicar todas las acciones que hemos mencionado anteriormente. Además muestra 4 pestañas para desglosar: **Action, Training, Advanced y Setting.**

Training

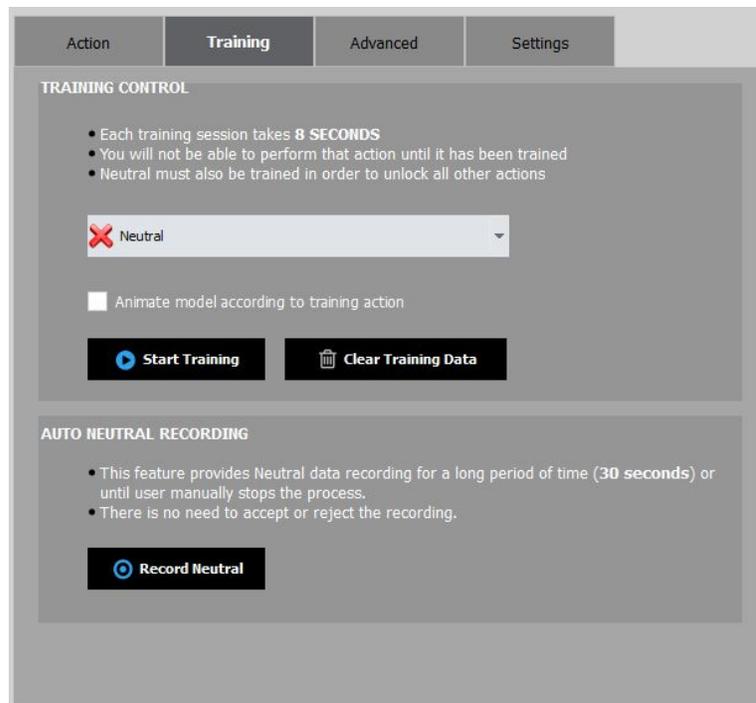


Figura 5.10: Emotiv Epor, entrenamiento de comandos mentales.

Lo primero que debemos hacer es entrenar lo que sería un estado mental **“Neutral”**, el cual marca que no estamos tratando de utilizar ninguna acción. Una vez entrenado durante 8 segundos el estado neutral, tenemos establecidos ciertos parámetros guardados, los cuales podemos ir mejorando con el uso en el tiempo. Si sentimos desconcentración o que algo pudo haber interferido en nuestro estado de neutralidad, podemos borrar el entrenamiento.

Action

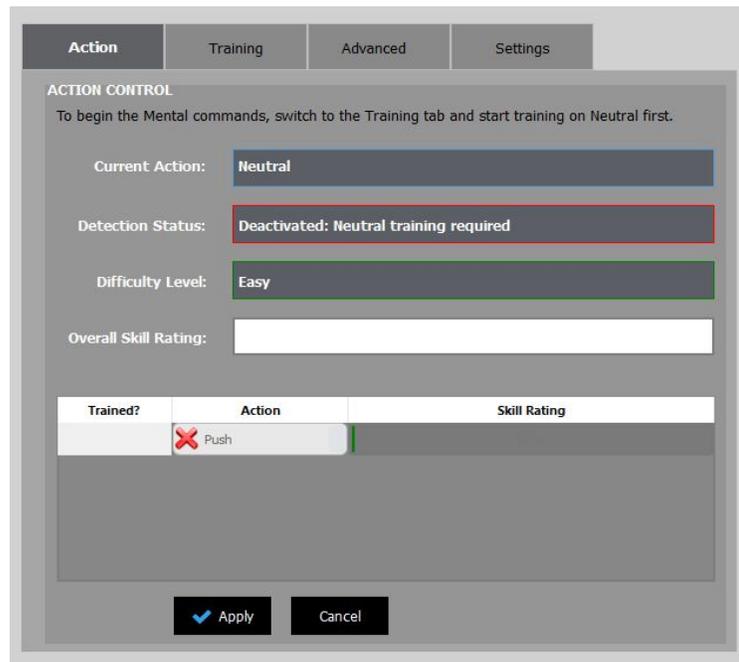


Figura 5.11: Emotiv EPOC, entrenamiento de comandos mentales 2.

Guardados estos parámetros iniciales, podemos utilizar hasta 4 acciones simultáneamente. Entrenar una acción particular, implica que una vez seleccionada la acción, pensemos en dicha acción. Poder utilizar una acción mental con naturalidad es sumamente difícil. Sin embargo en el momento de entrenar la primera acción, el nivel de dificultad marcado por la aplicación es “Fácil”. Por propia definición del software, utilizar múltiples acciones concurrentemente aumenta sensiblemente en la dificultad.

A medida que entrenamos las acciones, el skill rating va aumentando, esto significa que los parámetros leídos por el casco, son cada vez más similares.

5.3.4 Entrenamiento

Mediante las pruebas realizadas, pudimos comprobar que es más sencillo, usar un rasgo facial para la ejecución de la acción, que utilizar el pensamiento. Por ejemplo, cada vez que se quiere empujar el cubo, se puede sonreír, para que desencadene automáticamente la acción casi sin fallas. Sin embargo cuando la idea era pensar en mover el cubo, no era tan palpable el resultado.

Se entiende de este análisis que al sonreír, los parámetros del cerebro que eran tenidos en cuenta, no cambiaban, con lo cual para el software era mucho más sencillo interpretar las señales.

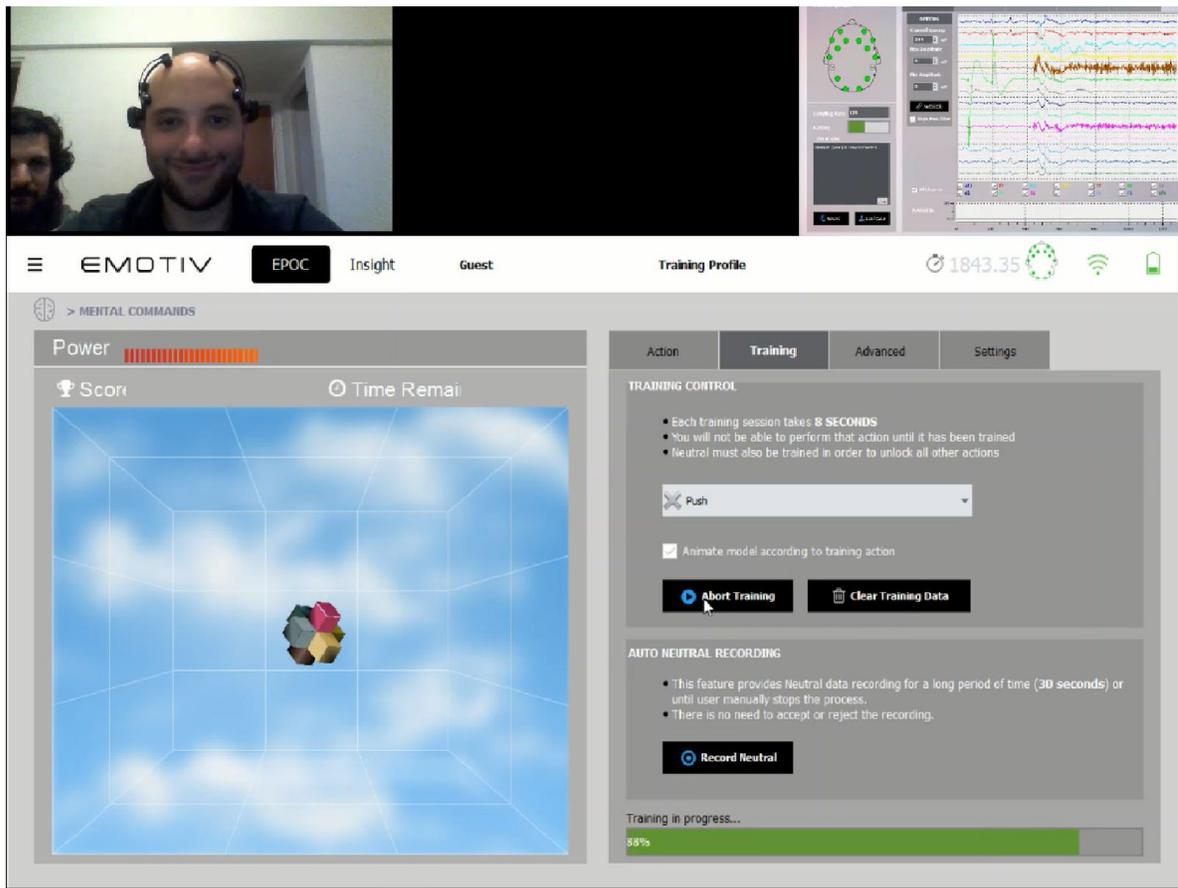


Figura 5.12: Emotiv EPOC, entrenamiento de comandos mentales 3.

5.3.5 Emotiv Composer

Como ya mencionamos, la etapa de la configuración del casco consume gran cantidad de tiempo, debido a que es necesario humedecer cada uno de los sensores y luego el lograr un perfecto contacto entre la cabeza y el sensor para detectar lo más exacto posible las señales capturadas.

Emotiv trae consigo una herramienta para intentar suplir el uso del casco y poder realizar diversas pruebas con el software. Dicha herramienta se llama **Emotiv Composer**

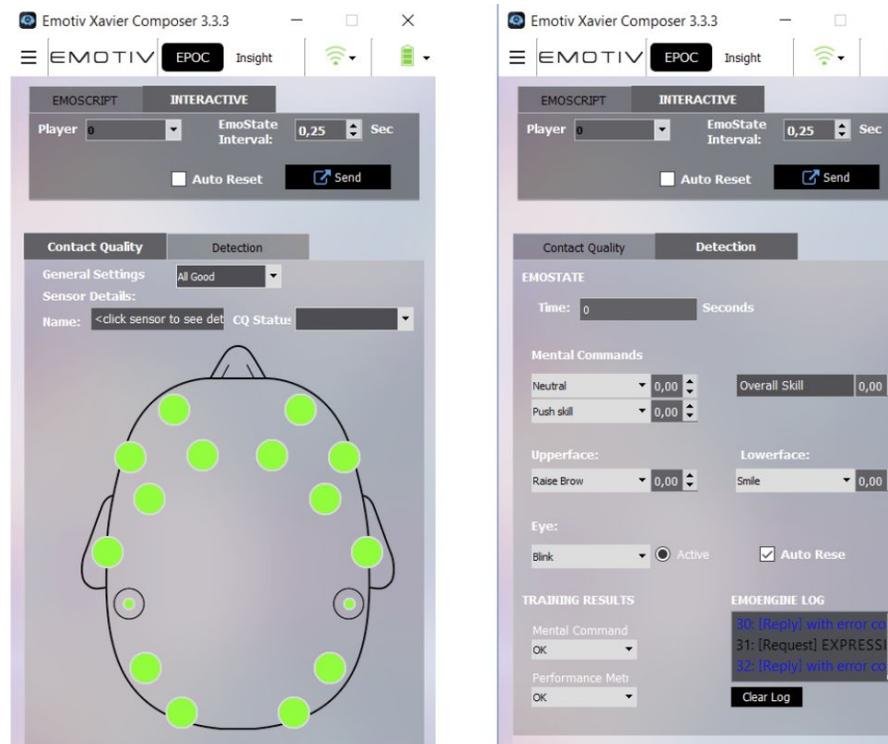


Figura 5.13: Emotiv Composer.

Con esta herramienta podemos simular un mal contacto de algún sensor, tanto como una configuración “ideal” con todos los sensores en color verde como figura en la imagen. Además podemos establecer la simulación de un gesto facial como de un comando mental. El uso de esta herramienta es para destacar y nos ha facilitado muchas pruebas, sobre todo para poder conocer el software en su totalidad sin la necesidad de una extensa configuración.

5.3.6 Giroscopio

El giroscopio es un dispositivo mecánico que sirve para medir, mantener o cambiar la orientación en el espacio de algún aparato o dispositivo. El Emotiv EPOC trae 2 giroscopios los cuales habilitan un conjunto de funcionalidades, como el manejo del cursor a través del casco.

Dentro del Control Panel del Emotiv Xavier podemos encontrar la opción de “Inertial Sensor”. Dentro de esta opción se puede habilitar el uso del giroscopio para el control del

cursor del mouse. Una vez activado se puede visualizar en una imagen, la posición relativa del cursor. A nivel práctico se habilita la funcionalidad de mover el cursor con la cabeza.

Otra de las características que nos permite adaptar el Emotiv es el nivel de sensibilidad que va a tener la funcionalidad. En las pruebas que realizamos, pudimos aprovechar en gran medida esta funcionalidad, la cual funciona de manera muy correcta y además expone un gran potencial, ya que pensando en una persona con movilidad reducida, pero particularmente con una buena movilidad de su cabeza, podemos imaginar distintos software tanto de comunicación como lúdicos.

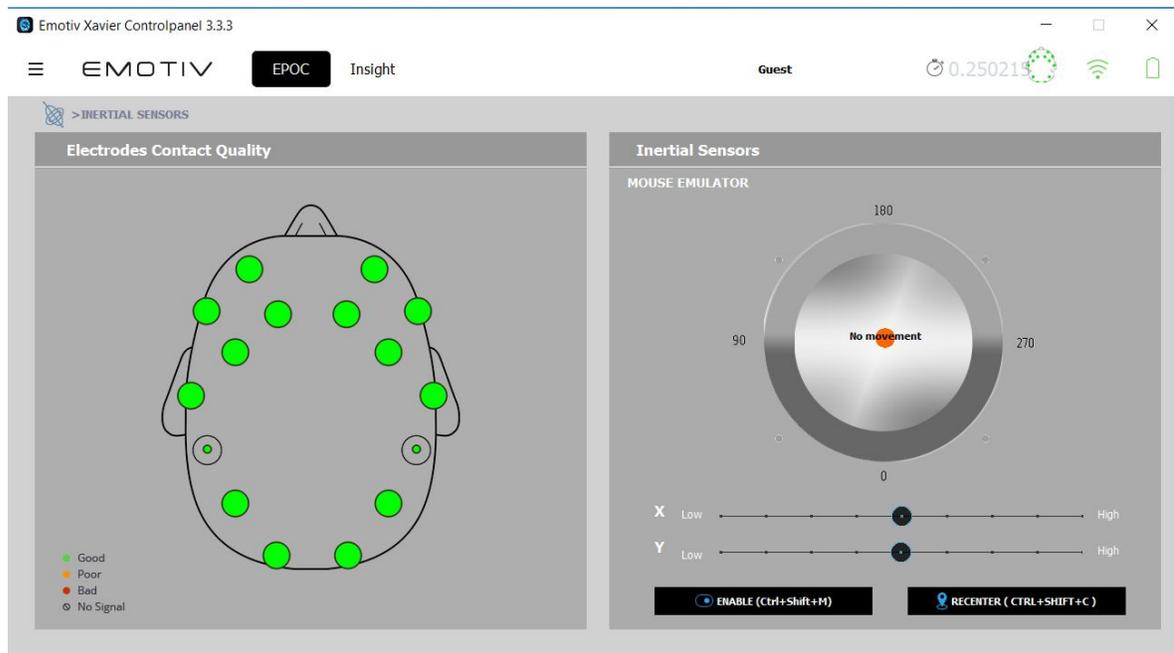


Figura 5.14: Emotiv Eporc, Giroscopio.

5.4. Lectura de señales

Como puede observarse, el Emotiv Eporc cuenta con una gran cantidad de funcionalidades brindadas de forma libre y gratuita, sin embargo para profundizar en la visualización de la lecturas de las señales encefalográficas e interactuar programáticamente con ellas, se debe contar con una licencia paga. Actualmente la compañía ofrece tanto un servicio mensual como anual, para poder acceder a las señales “crudas”.

En el momento que nosotros realizamos la compra del producto adquirimos una licencia única, con la cual hemos realizado todas las pruebas. Con la licencia se tiene acceso a dos softwares:

- SDK que permite obtener las señales crudas desde un lenguaje de programación como Java.

- **Data Packets:** Nos indica un contador de paquetes recibidos de información, el cual muestra nos permite concluir cuando estamos perdiendo señales por diferentes motivos.

5.4.2 Lectura de Electroencefalograma (EEG)

La Figura 5.16 ilustra una captura de pantalla de la pestaña EEG donde se puede visualizar cada uno de los sensores que provee el Emotiv Epoc, marcados cada uno con un color diferente y además con la posibilidad de filtrar, para analizar algún canal en particular.

A su vez en el panel izquierdo se puede ver otras configuraciones:

- **Channel Spacing:** Podemos elegir cuan espaciado visualizar un canal de otro, cuando varios sensores son seleccionados entre si. Lo que modifica es la visualización vertical de los canales en definitiva.
- **Max Amplitude - Min Amplitude:** Podemos establecer los límites de la amplitud de las señales que visualizamos.
- **Auto Scale:** Automáticamente alinea el máximo y el mínimo para poder centrarnos en los valores actuales de la señal.
- **High-Pass Filter:** Aplica un filtro pasa alto a las señales.

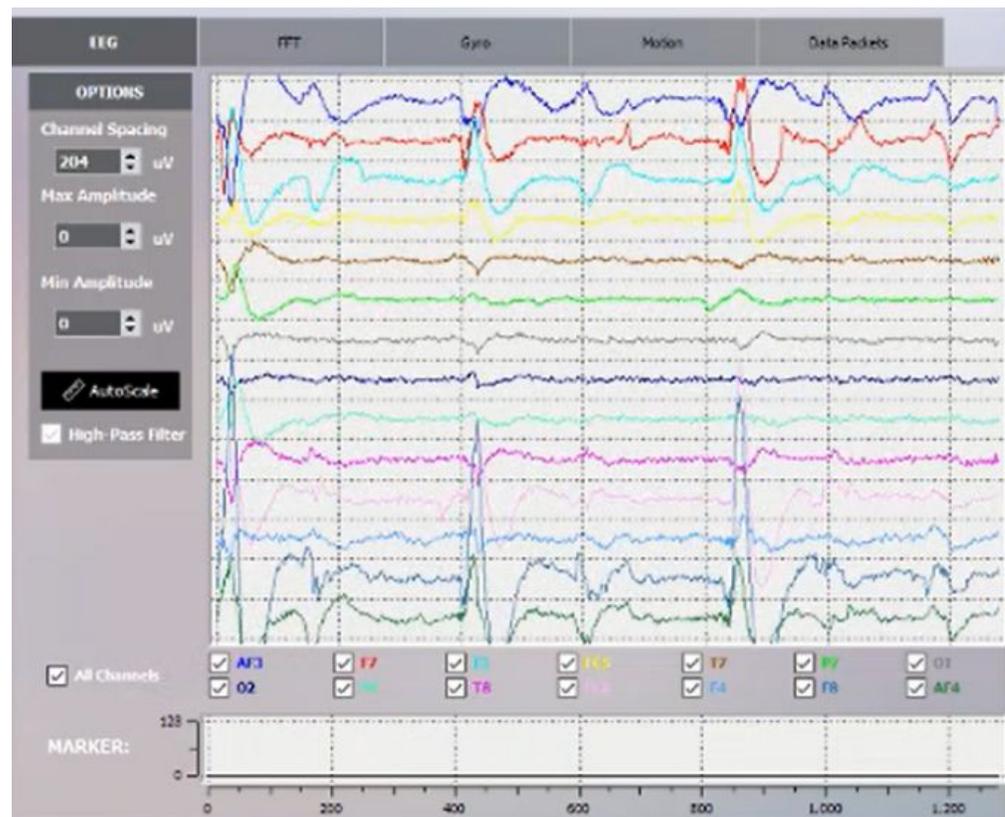


Figura 5.16: Emotiv Epoc, Pestaña EEG.

5.4.3 FFT

La Figura 5.17 ilustra la pestaña donde podemos observar el análisis de las frecuencias de las señales. En la partes superior se puede observar el espectro que ha logrado la señal de un canal seleccionado en tiempo real. En la parte inferior se puede ver el poder la de señal a través de bandas de frecuencias: Delta, Theta, Alpha, Beta y una definida por el usuario.

Dentro de dichos gráficos se pueden seleccionar distintas opciones, para limitar los maximos y minimos de las variables a visualizar, auto scala de las señales y fundamentalmente la cantidad de muestras que se pueden analizar.

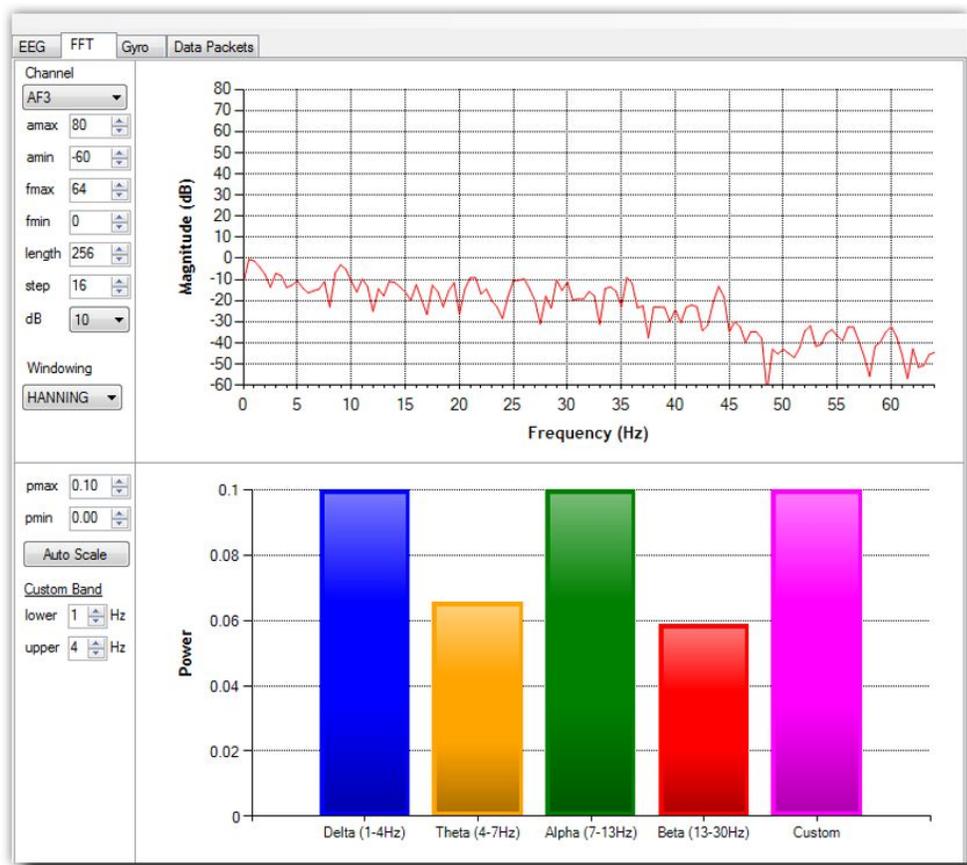


Figura 5.17: Emotiv Epoc, Pestaña FFT.

5.4.4 Gyro

La captura de pantalla de la imagen 5.18 permite visualizar la actividad del giroscopio. El gráfico contiene 2 líneas de señales: *Gyro X*: muestra el movimiento horizontal del giroscopio y *Gyro Y*: muestra el movimiento vertical del giroscopio.

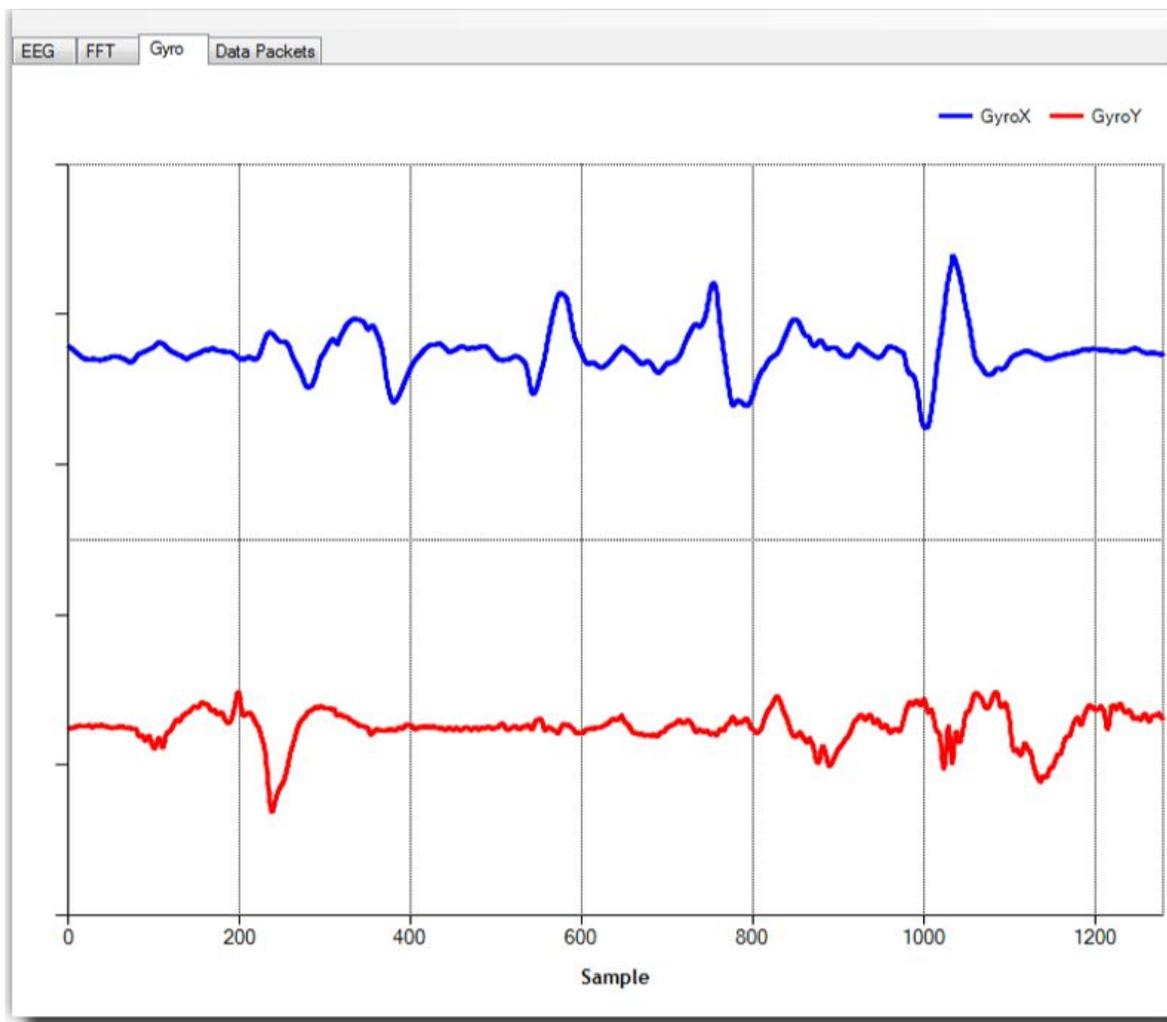


Figura 5.18: Emotiv Epoc, Pestaña Gyro.

5.4.5 Data Packet Tab

Dentro de este tab podemos visualizar claramente la cantidad de paquetes perdidos y paquetes correctamente capturados. La Figura 5.19 muestra en la parte superior un gráfico que visualizar la cantidad de paquetes capturados y en la parte inferior la cantidad de paquetes perdidos.

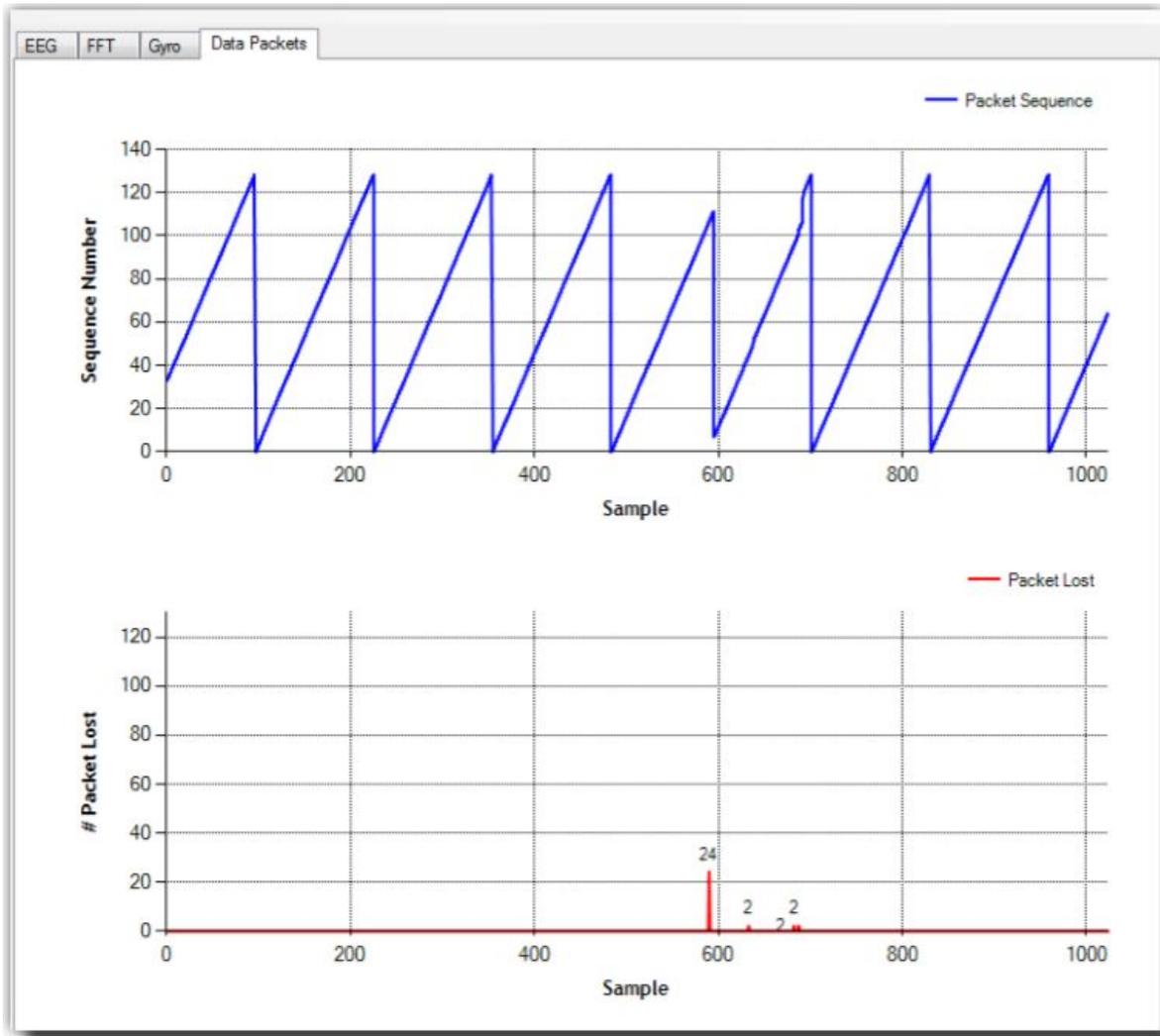


Figura 5.19: Emotiv Epoc, Pestaña Data Packet.

Como pudimos observar el Emotiv Epoc trae un conjunto de herramientas, sin necesidad de pagar una licencia, para poder probar sus principales funcionalidades, como el entrenamiento mental o el reconocimiento facial. Sin embargo con el pago de la licencia, podemos visualizar e interactuar con las señales crudas, las cuales nos van a ampliar el rango de posibilidades del casco.

Capítulo 6

6. Desarrollo Propuesto Combinación del Emotiv Epoc con el sistema ACAT

Luego de las investigaciones realizadas sobre los sistemas aumentativos y alternativos de comunicación y las interfaces cerebro computadoras, nos pareció interesante poder combinar los conocimientos adquiridos y realizar diferentes pruebas de concepto para evaluar la viabilidad y la performance en la unión de estos dos mundos complementarios.

El primer paso para poder iniciar este conjunto de pruebas es acceder a las señales crudas del Emotiv Epoc.

Al adquirir el casco, sin ningún tipo de licencia, no es posible acceder a las señales crudas, con lo cual los desarrollos que se pueden hacer con el mismo son extremadamente limitados. Con el correr de los años, la licencia ofrecida por la empresa Emotiv ha cambiado. Nosotros obtuvimos una licencia única, para Windows y Linux, a diferencia de la licencia mensual que ofrecen actualmente. Una vez obtenida la licencia, fue necesario hacer una evaluación de las posibilidades brindadas para verificar si el cumplimiento de los objetivos planteados en la investigación eran posibles de lograr.

6.1. Análisis de Xavier SDK

Desde la página oficial de Emotiv (<https://www.emotiv.com/epoc/>) se pueden descargar diversos software que acompañan al producto. Entre ellos, se puede acceder a distintos software que nos permiten visualizar, entre otras cosas, las señales crudas del producto. Junto con la visualización de las señales, se puede utilizar un SDK para obtener eventos y señales provenientes del Emotiv, programáticamente. El SDK soporta diversos lenguajes entre los que se destacan java, C#, C++, Python, Ruby, NodeJS, entre otros. La API de Emotiv está compuesta por tres archivos de encabezado (edk.h, EmoStateDLL.h, edkErrorCode.h) y se implementa en 2 DLL de Windows (edk.dll y edk_utils.dll).

La Figura 6.1 muestra la arquitectura del SDK donde el EmoEngine refiere a la abstracción lógica de las funcionalidades que proporciona Emotiv en edk.dll. EmoEngine se comunica con los sensores del Emotiv, recibe los datos pre-procesados provenientes de las señales y del giroscopio, administra configuraciones específicas del usuario o específicas de la aplicación, realiza un procesamiento posterior y traduce los resultados de detección de Emotiv en una estructura fácil de usar llamada EmoState.

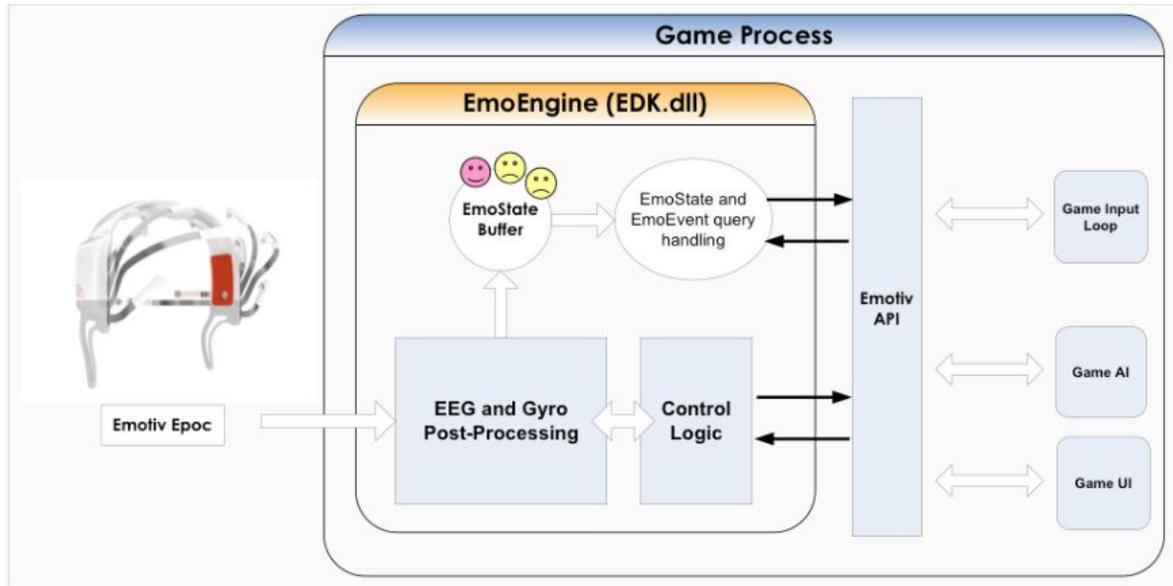


Figura 6.1: Xavier SDK, arquitectura.

Nuestra intención en el desarrollo, fue siempre trabajar con las señales crudas provenientes del Emotiv sin ningún tipo de procesamiento. La documentación del Emotiv explica que todos los software que proveen y que fuimos desarrollando durante la investigación, utilizan una combinación entre señales producidas por gestos faciales y las señales del cerebro procesadas.

Trabajar exclusivamente con las señales del cerebro es todo un desafío, ya que es necesario realizar distintos filtros, para poder limpiar el ruido que traen consigo y lograr hacerlas funcionales a las necesidades que tengamos.

Para conseguirlo es necesario usar el SDK, el cual nos permite acceder a cada uno de los sensores disponibles. La Figura 6.2 ilustra la disposición de los 14 sensores que componen el casco EMOTIV.

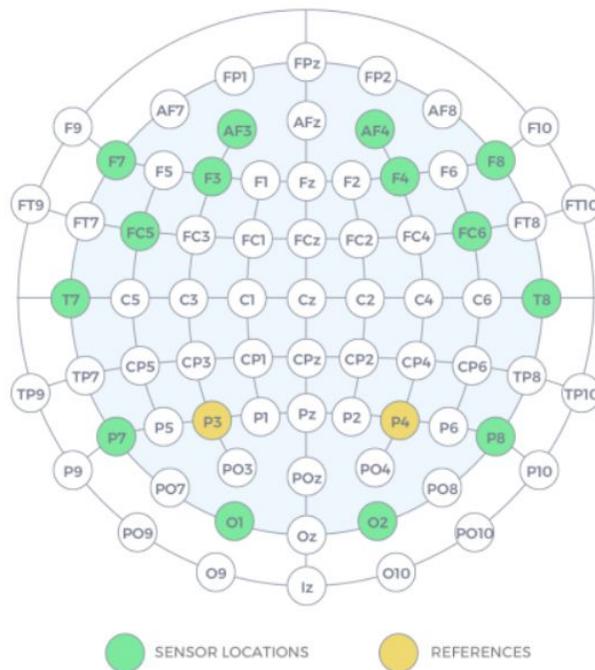


Figura 6.2: Distribución de sensores, Emotiv EPOC.

Los sensores que provee el Emotiv, proveen 128 muestras por segundo que son devueltas en una estructura de arreglo. El primer paso para lograr comunicarse con el Emotiv EPOC, es verificar dentro de distintas interfaces que son dadas en la API, el estado del dispositivo. Si el estado del dispositivo es el correcto, se guarda el usuario que inició sesión y se inicia la posterior lectura de las señales. El siguiente fragmento de código muestra esta secuencia de inicialización de sesión.

```
private void connectEmotiv() {
    if (state == EdkErrorCode.EDK_OK.ToInt()) {
        int eventType = Edk.INSTANCE.IEE_EmoEngineEventGetType(eEvent);
        Edk.INSTANCE.IEE_EmoEngineEventGetUserId(eEvent, userID);

        if (eventType == Edk.IEE_Event_t.IEE_UserAdded.ToInt())
            if (userID != null) {
                System.out.println("User added");
                IEegData.INSTANCE.IEE_DataAcquisitionEnable(userID.getValue(), true);

                connected = true;
            }
    } else if (state != EdkErrorCode.EDK_NO_EVENT.ToInt()) {
        System.out.println("Internal error in Emotiv Engine!");
    }
}
```

Una vez que la conexión fue iniciada, se realiza la lectura indicando el sensor que se quiere leer. El siguiente fragmento de código muestra la lectura de los sensores 6 y 10 (posteriormente explicaremos el motivo de esta elección).

```
private void readFromEmotiv() {  
  
    Pointer hData = IEegData.INSTANCE.IEE_DataCreate();  
  
    IEegData.INSTANCE.IEE_DataUpdateHandle(0, hData);  
    IEegData.INSTANCE.IEE_DataGetNumberOfSample(hData, nSamplesTaken);  
  
    if (nSamplesTaken != null) {  
        if (nSamplesTaken.getValue() != 0) {  
            System.out.print("Readed: ");  
            System.out.println(nSamplesTaken.getValue());  
  
            double[] data6 = new double[nSamplesTaken.getValue()];  
            double[] data7 = new double[nSamplesTaken.getValue()];  
  
            IEegData.INSTANCE.IEE_DataGet(hData, 6, data6, nSamplesTaken.getValue());  
            IEegData.INSTANCE.IEE_DataGet(hData, 10, data7, nSamplesTaken.getValue());  
        }  
    }  
}
```

Cómo se puede apreciar en el código, la interfaz que provee el SDK para acceder a las señales crudas es bastante básica, todas las implementaciones provistas para los diferentes lenguajes son wrappers casi directos de la librería en original en C++, por ende de bastante bajo nivel.

6.2. Análisis de señales

Estas señales capturadas, como hemos visto a lo largo de la documentación general de las interfaces cerebro computadora, contienen ruido, con lo cual no son exactas y tienen una tendencia a ciertas fallas. El uso doméstico de este tipo de artefactos es una novedad para el mercado, pero no considerar el ruido que poseen las señales obtenidas sería de un análisis incompleto. Aún más si el uso que uno pretendiera dar es relacionado a algún desarrollo médico, donde la precisión es un factor determinante.

Teniendo en cuenta estas deficiencias, generar una prueba de concepto, implica disminuir el margen de error, sobre todo si el objetivo es poder controlar un software de comunicación alternativo. Como primera medida necesitábamos encontrar una señal, que generada voluntariamente por el usuario de la interfaz cerebro computadora, pueda ser verificada programáticamente y asignada a diferentes funciones que queramos. Para realizar esto hemos elegido el **ritmo alfa**.

6.2.1. Ritmo Alfa

Se denomina ondas o ritmo alfa a las oscilaciones entre los 8 y 13 hz producto de la actividad sincrónica y en fase de las neuronas del tálamo y la corteza cerebral. El ritmo alfa se manifiesta principalmente en la banda de frecuencias de 8 a 13 Hz, con amplitudes que oscilan entre 20 y 60 μV . Se encuentran en el electroencefalograma de la mayoría de los adultos sanos, con los ojos cerrados o con reposo visual, despiertos con un estado mental tranquilo y de reposo. Existen diversas situaciones donde el ritmo alfa no es tan claro o es inexistente, principalmente en el esfuerzo mental o físico y en la atención visual, además de agregar el sueño profundo.

El ritmo alfa se manifiesta cuando las neuronas situadas en la zona occipital, en la que se concentra la actividad visual, no se encuentran realizando actividad ni preparándose para la misma. Cuando los ojos se encuentran cerrados, el ritmo alfa en general se puede observar a simple vista y se bloquea al comenzar la atención visual. Si bien el ritmo se manifiesta en forma continua mientras se mantiene el reposo visual, es preponderante en el momento en que se cierran los ojos y durante los primeros segundos luego del evento. Pasados los mismos el ritmo se mantiene con menor amplitud. La imagen de la Figura 6.3 muestra un fragmento de registro de EEG con ritmo alfa típico. Este fragmento se divide en tres partes, una primera en la que el sujeto mantiene los ojos abiertos, luego cierra los ojos por unos segundos, para finalmente volver a abrirlos.

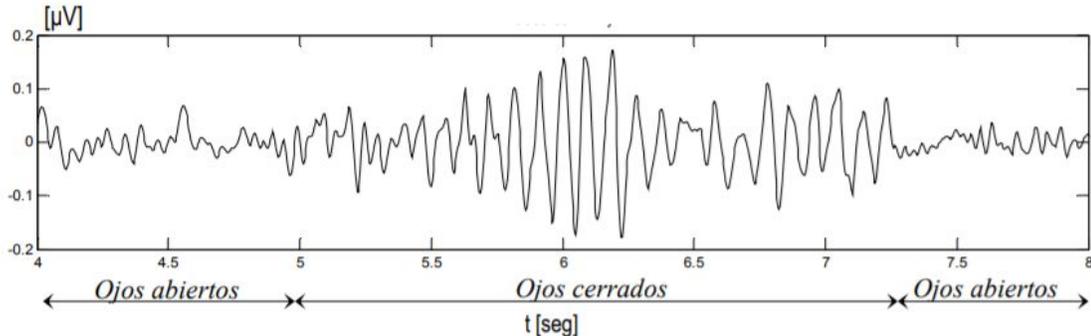


Figura 6.3: Ritmo Alfa, visualización.

La figura 6.4 se muestra la densidad espectral de potencial (DEP) de dos intervalos de un mismo registro, uno con ritmo alfa y otro sin el ritmo. En la figura se observa un claro aumento de la potencia de la señal alrededor de los 10Hz, que concuerda con los resultados observados en la bibliografía (Van Winsum et al., 1984).

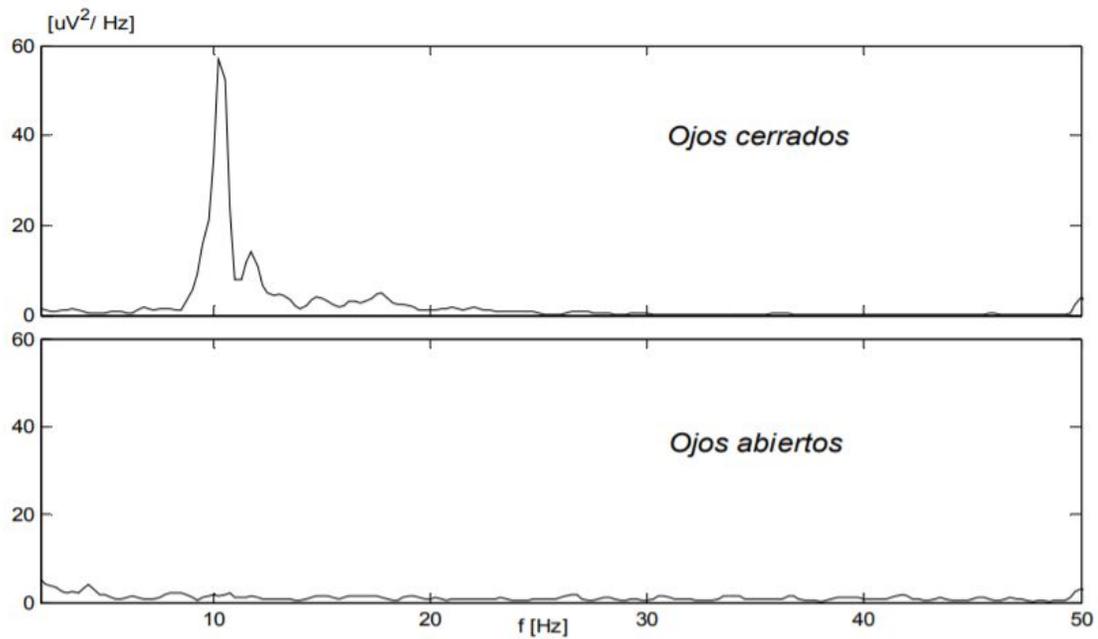


Figura 6.4: Ritmo Alfa, visualización 2.

Desde el punto de vista técnico el ritmo alfa es fácil de detectar con un alto grado de confianza. Con un ojo entrenado es incluso posible hacerlo a simple vista sin procesamiento alguno de la señal. Gracias a esto, se utiliza muy frecuentemente como herramienta de diagnóstico interna para determinar si una interface cerebro computadora está funcionando correctamente y es frecuente encontrar que los sistemas que utilizan interfaces cerebro-computadora posean algún test que incluya la detección del ritmo alfa.

El prototipo tiene por lo tanto un doble propósito: por un lado, ser una primera aproximación práctica al Emotiv y su SDK; y por otro, funcionar como base para futuros desarrollos e investigaciones.

6.3. Filtros digitales

Un filtro digital, es un filtro que opera sobre señales digitales. Es una operación matemática que toma una secuencia de números (la señal de entrada) y la modifica produciendo otra secuencia de números (la señal de salida) con el objetivo de resaltar o atenuar ciertas características.

Una vez decididos a utilizar el ritmo alfa sobre las señales crudas del Emotiv, fue necesario implementar diferentes filtros digitales, para ir limpiando la señal y poder distinguir particularmente, **cuando un usuario cerró los ojos de manera voluntaria y continuada**.

Durante la implementación, necesitábamos comprobar el correcto funcionamiento de los filtros que íbamos a utilizar. Para lograr esto, utilizamos un conjunto de datos de prueba. La idea era implementar un generador de una señal sinusoidal con frecuencia de 10hz, intermitente a la que se le sumará algún nivel de ruido y señales de alta y baja frecuencia por fuera de la banda de interés (8 Hz a 12 Hz). Esto permitiría disponer de momentos bien determinados ruido (parte de la señal que queremos descartar) y momentos donde encontramos mayor energía en la banda 8 Hz-12 Hz (señal era importante para nosotros). Una vez generada esta sinusoide, podemos visualizar los diferentes filtros que fuimos desarrollando.

Podemos distinguir, por lo tanto, los siguientes pasos iniciales:

- Desarrollar una aplicación que pueda dibujar una señal generada por el mismo sistema u obtenida desde el Emotiv.
- Desarrollar una visualización de cada uno de los filtros que son aplicados a la señal recibida.
- Generar una señal con forma sinusoidal, para verificar el funcionamiento de los filtros.
- desarrollar el algoritmo de aislación del ritmo alfa:
 - Aplicar un filtro pasa alto.
 - Aplicar un filtro pasa banda.
 - Aplicar un filtro rectificador.
 - Aplicar un filtro pasa bajo.
 - Aplicar un filtro amplificador.
- desarrollar un algoritmo para producir un evento a partir del procesamiento anterior:
 - Aplicar un umbral, para discretizar los valores de la señal
 - Aplicar el cálculo de precisión y sensibilidad en la detección del evento
- Visualizar cuando se cumple el objetivo final, en nuestro caso, la visualización del ritmo alfa de forma clara.

6.4. Desarrollo del procesamiento de la señal

El Emotiv Epoc es capaz de devolvernos 128 muestras por segundo por cada uno de sus sensores. Partiendo de esa base, generamos una cola de información, a la cual fuimos aplicando cada uno de los filtros que iremos detallando durante el capítulo.

El siguiente fragmento de código, define un arreglo de filtros a los cuales se les pasa como información 128 muestras por segundo, en un primer caso simuladas, generando la señal sinusoidal que se observa en la Figura 6.5.

```
66 | public void run() {
67 |     highpass = new IIRFilter((new double[] { 0.9329, -1.8659, 0.9329 })),
68 |     (new double[] { 1.0, -1.8614, 0.8704 }), config);
69 |     bandpass = new IIRFilter((new double[] { 0.0084, 0.0, -0.0169, 0.0, 0.0084 })),
70 |     (new double[] { 1.0, -3.3, 4.4578, -2.8702, 0.7575 }), config);
71 |
72 |     lowpass = new IIRFilter((new double[] { 0.0023, 0.0045, 0.0023 })),
73 |     (new double[] { 1.0, -1.8614, 0.8704 }), config);
74 |
75 |     rectifier = new MapperFilter(x -> Math.abs(x), config);
76 |
77 |     amplifier = new MapperFilter(x -> Math.pow(x, 2), config);
78 |
79 |     //Para test va en 1 y para Miguel 400, para Fer 200.
80 |     umbral = new MapperFilter(x -> x > config.getUmbral() ? 1 : 0, config);
81 |
82 |     clickDetector = new ClickFilter(64, config);
83 |
84 |     Step[] steps = new Step[] {
85 |         //Primer filtro con señal cruda
86 |         new Step("0 - Raw", null, true),
87 |         //Paso alto, deja pasar solamente las frecuencias altas. Filtra el ruido de alta frecuencia.
88 |         new Step("1 - Highpass", highpass, true),
89 |         //Achica la frecuencia que estan fuera de la banda.
90 |         new Step("2 - Bandpass", bandpass, true),
91 |         //Vuelve todo positivo.
92 |         new Step("3 - Rectifier", rectifier, true),
93 |         // Se quedan con los picos
94 |         new Step("4 - Lowpass", lowpass, true),
95 |         // Exagera la diferencia entre los picos mas altos y los mas bajos.
96 |         new Step("5 - x2", amplifier, true),
97 |         // Transforma si es mas alto que el umbral, en 1 sino lo deja en 0.
98 |         new Step("6 - Umbral", umbral, true),
99 |         // Detecta el clic
100 |         new Step("7 - click", clickDetector, true)
101 |     };

```

Para comenzar el análisis de la señal sinusoidal, podemos ver en la primer imagen, la señal de origen, con momentos de ruido y momentos claro de la señal que estamos buscando.

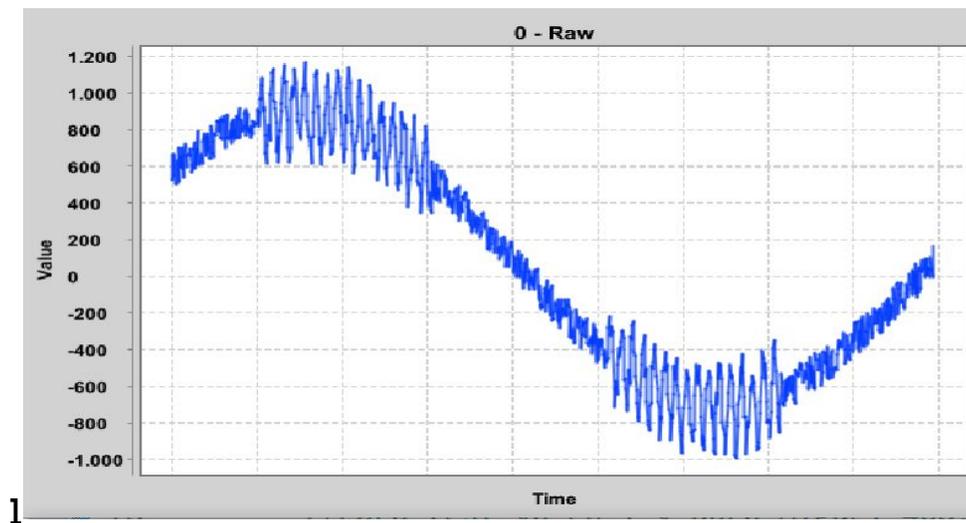


Figura 6.5: Ejemplo Señal cruda.

Aquí podemos ver claramente la senoide de baja frecuencia (0.5 Hz) mas sinusoides intermitentes de 10Hz más cierto nivel de ruido blanco

6.4.1. Filtro pasa Alto

Un filtro de paso alto es un filtro que deja pasar señales de alta frecuencia y atenúa señales de baja frecuencia. Este primer paso limpia la señal de ruido de baja frecuencia. Usamos 0.5hz como frecuencia de corte.

Como podemos ver en la imagen de la Figura 6.6, la señal pierde casi completamente la forma sinusoidal y queda centrada en el 0. También podemos observar que la amplitud de la señal es drásticamente menor (de paso del rango (-1200, 1200) a (-200, 200)). Comienzan a resaltar las señales de alta frecuencia.

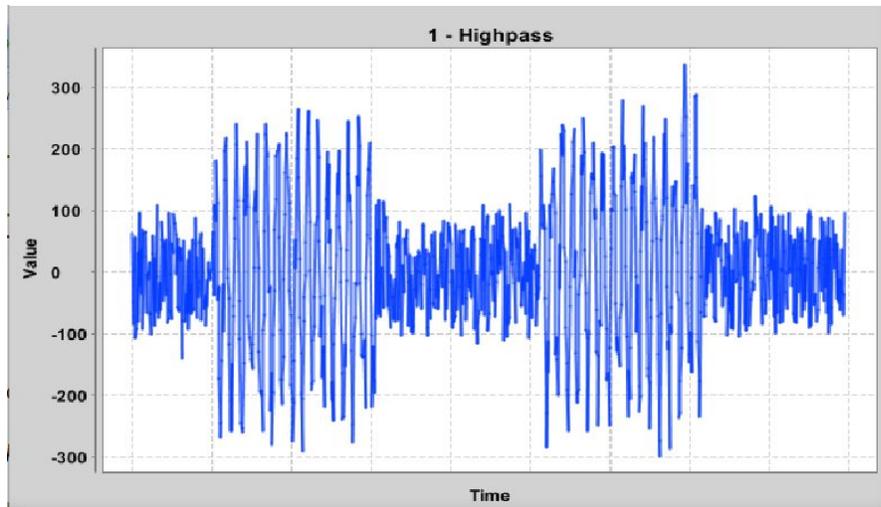


Figura 6.6: Ejemplo Filtro pasa alto.

6.4.2. Filtro pasa banda

Un filtro pasa banda como su nombre lo dice permite el paso de una banda de frecuencias y atenúa todas las demás. Para segmentar la banda de frecuencias que nos interesa usamos como frecuencias de corte 8 Hz y 13 Hz. Podemos ver que la amplitud del ruido de alta frecuencia es proporcionalmente mucho menor (-100, 100) en el gráfico anterior a (-30,30) aproximadamente luego de aplicar el filtro, mientras que la amplitud en la banda que nos interesa se mantiene prácticamente igual (-200, 200):

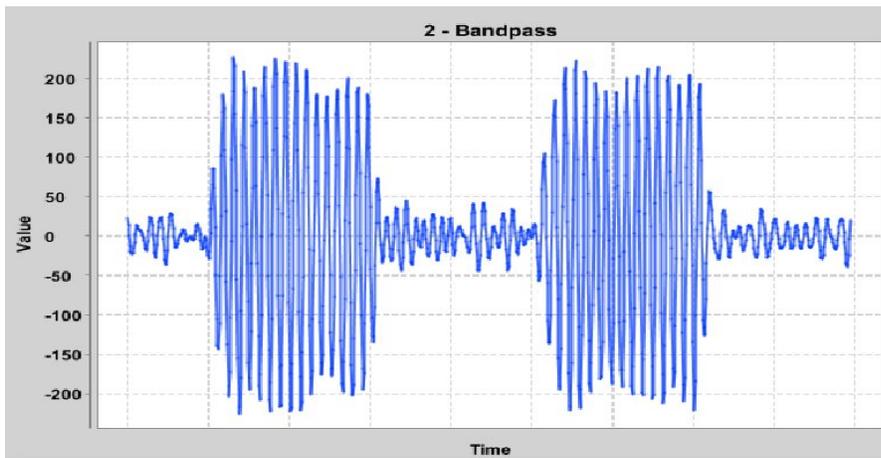


Figura 6.7: Ejemplo Filtro pasa banda.

6.4.3. Filtro Rectificador

La implementación del filtro rectificador consiste en obtener el valor absoluto de cada una de las entradas, por lo tanto elimina la parte negativa de la señal. Como podemos ver en la imagen, todos los valores pasan a estar por encima del 0.

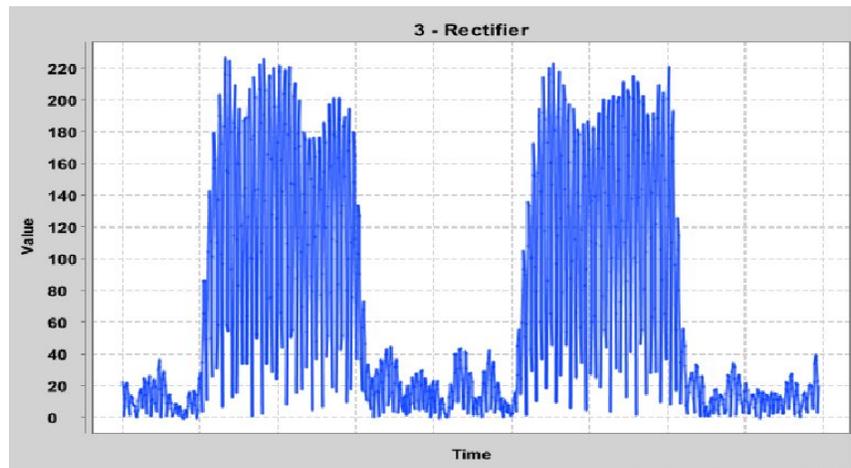


Figura 6.8: Ejemplo Filtro rectificador.

6.4.4. Filtro pasa Bajo

Un filtro pasa bajo es caracterizado por permitir el paso de las frecuencias más bajas y atenuar las frecuencias más altas. En nuestro desarrollo, implementamos un filtro pasa bajo para quedarnos con los picos más altos de señal procesada.

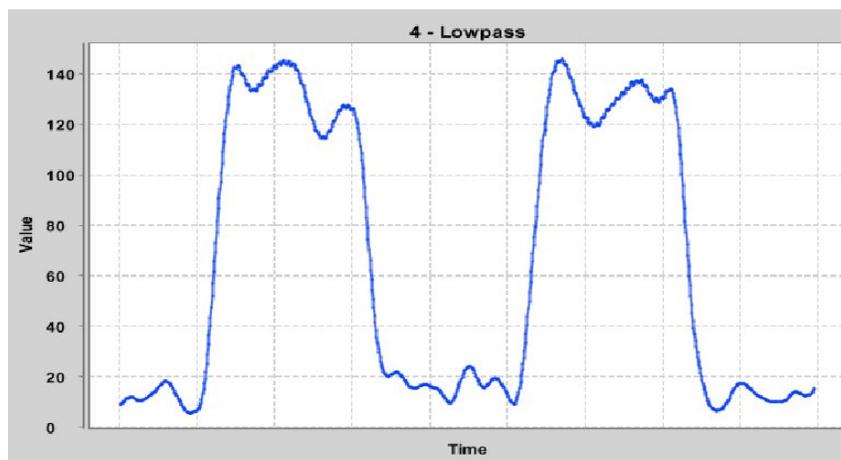


Figura 6.9: Ejemplo Filtro pasa bajo.

6.4.5. Medición de potencia y energía

En este paso, se elevan al cuadrado los valores procesados, para marcar una mayor tendencia en el caso de ser necesario. Este resulta útil para facilitar la configuración de filtros donde se necesita exagerar la diferencia entre las partes donde la señal original posee mucha energía y poca energía en la banda alfa como se ilustra en la Figura 6.10. Si se observan los rangos de valores en la amplitud, podemos ver que la diferencia entre la parte “plana” de la onda (dónde no hay energía en la banda Alfa) es proporcionalmente mucho mayor que en el paso anterior (20.000 vs 120 aproximadamente)

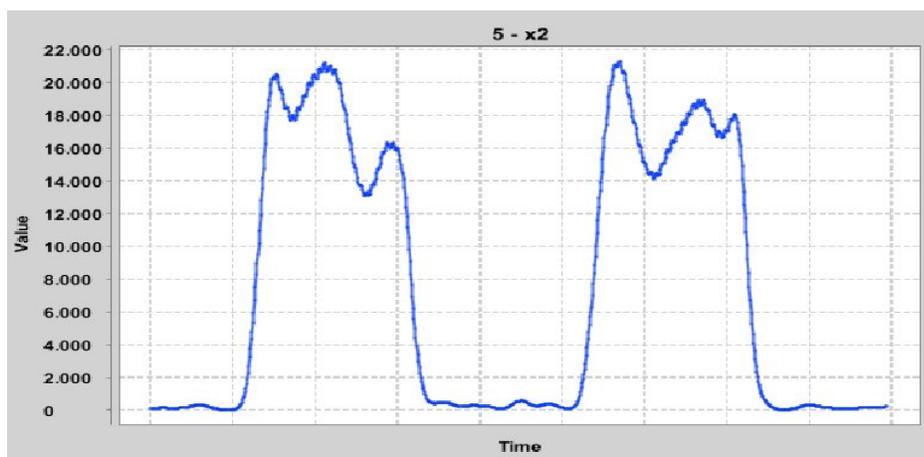


Figura 6.10: Ejemplo Filtro Amplificador.

6.4.6. Detector por Umbral

Esta función sirve para discretizar la señal transformándola en una serie de unos y ceros. Frente a un valor umbral configurado en el software, aquellas muestras que superan el umbral se transforman en 1, aquellas que no, 0. En la imagen de la Figura 6.11 se puede observar claramente la forma de onda cuadrada producida por este paso:

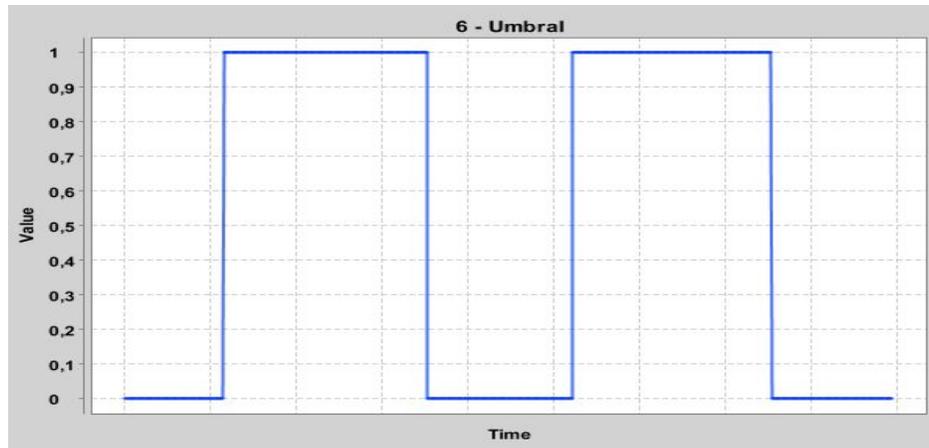


Figura 6.11: Ejemplo Filtro Umbral.

Este filtro nos deja una señal limpia ideal para implementar un algoritmo de detección del evento para disparar un click o un evento de teclado. La detección implementada actualmente consiste en contar la cantidad de unos durante un segundo (128 muestras). Si ese valor es mayor o igual al configurado en la aplicación, se considera que el usuario está intentando hacer un click.

6.4.7. Procesamiento de señales provenientes del Emotiv

Como pudimos observar, los filtros nos permiten llegar a nuestro objetivo de ciertas visualizaciones dentro de una señal. Hemos aplicado los mismos filtros a la señal del Emotiv Epoc. La Figura 6.12 ilustra los diferentes filtros aplicados, con todas las variaciones que posee la señal.

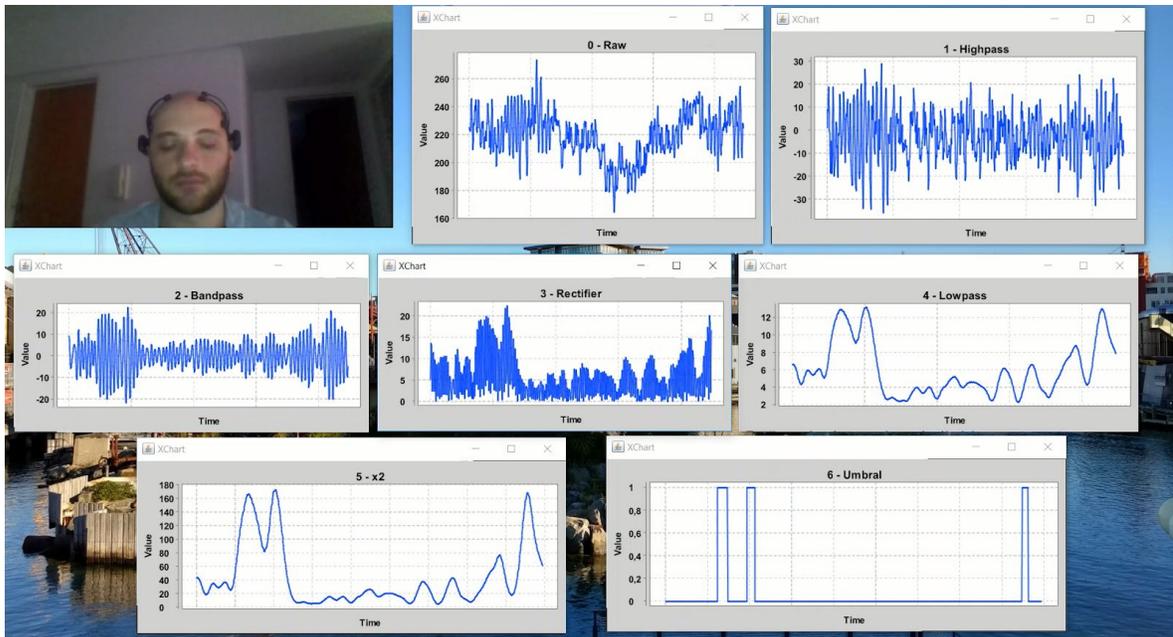


Figura 6.12: Procesamiento propio y aplicación de filtros, señal Emotiv Epoc.

En la imagen 6.12 podemos observar claramente cómo cada uno de los filtros cumple su función en el momento que el usuario cierra los ojos. Particularmente en el filtro pasa banda, en la figura 6.13, se puede observar como la señal disminuye cuando la persona mantiene sus ojos abiertos y se forma el ritmo alfa cuando sus ojos se cierran.

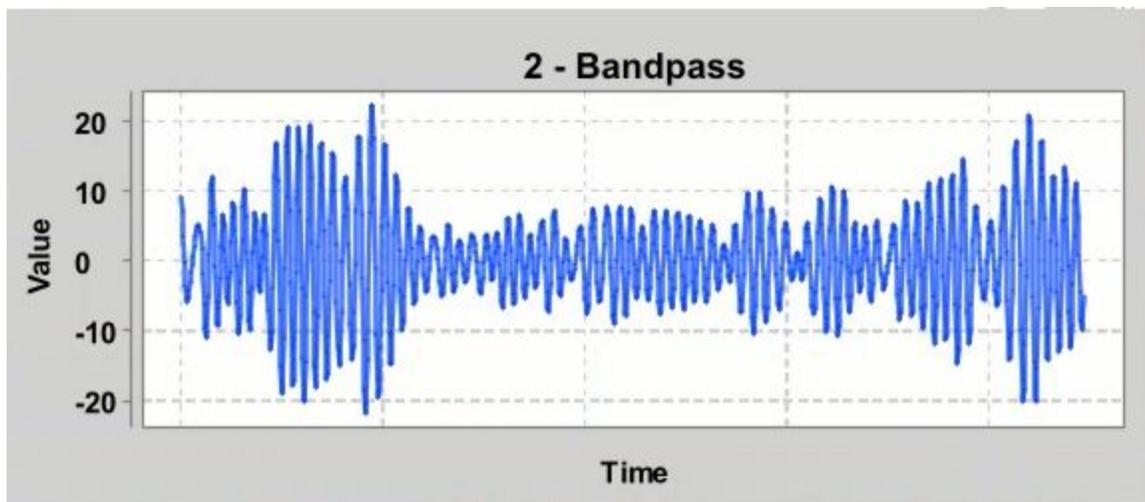


Figura 6.13: Procesamiento señal Emotiv Epoc, detección ritmo alfa.

6.5. Umbral y Sensibilidad

El umbral y la sensibilidad son los parámetros que nos van a permitir entender el último filtro implementado y sobre el cual haremos la **detección del "clic"**. Intentamos hacer la

configuración lo más sencilla e intuitiva posible usando sólo 2 parámetros: umbral y sensibilidad.

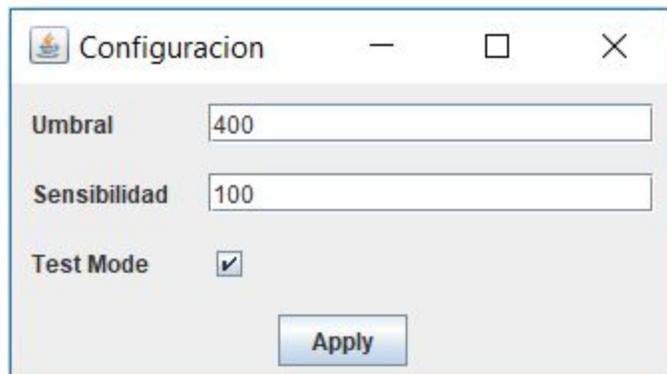


Figura 6.14: Pantalla configuración umbral y sensibilidad, software propio.

- **Umbral:** es el valor que se utiliza en el paso 5 para discretizar la señal. Este parámetro de configuración es indispensable ya que la amplitud de las señales EGG varían muchísimo de persona a persona, e incluso en diferentes sesiones de la misma persona. Por lo tanto la única forma de conocer el valor correcto, es conectando el casco, encender la aplicación hacer unas cuantas pruebas y promediar cual debería ser el valor del umbral para tener una detección de clicks eficiente.
- **Sensibilidad:** es el porcentaje de unos que la señal debe superar durante un segundo para que el sistema considere que se desea hacer click. 100% significa, a la salida del filtro umbral, esperar 128 muestras todas en 1 para considerar que se hizo click. Dada las características de las señales de EEG tanto valores muy bajos como muy altos no son recomendados. Un valor muy bajo, produciría demasiados falsos positivos, por lo tanto el sistema enviaría más clicks de los que el usuario desea hacer. Un valor muy alto, implicaría que nunca pueda hacer un click. La recomendación general es que sea más bien difícil de disparar el evento, pero de la misma forma que el umbral, la única manera correcta de setear la sensibilidad es haciendo pruebas justo antes de comenzar la sesión.
- **test mode:** enciende la señal de prueba explicada al principio de este capítulo y deshabilita las lecturas desde el emotiv.

Se podría construir una interfaz de calibración que asista con las pruebas para setear el umbral y la sensibilidad y, calcule valores recomendados para una serie de experimentos, pero escapa al objetivo de la presente tesina.

6.6. Aplicación práctica a un juego

Una vez resuelta la detección de un evento para disparar un clic del mouse, se comenzaron a analizar algunas aplicaciones imposibles de utilizar por ciertos usuarios

La primera prueba realizada, fue con el juego **TA TE TI**. Siempre teniendo en cuenta la configuración inicial, tomamos como punto de partida el uso del giroscopio, el cual nos brindó una excelente performance en el uso. A su vez, como podemos observar en la figura 6.15, se utilizaron solamente dos sensores, para concentrarnos únicamente en el ritmo alfa.

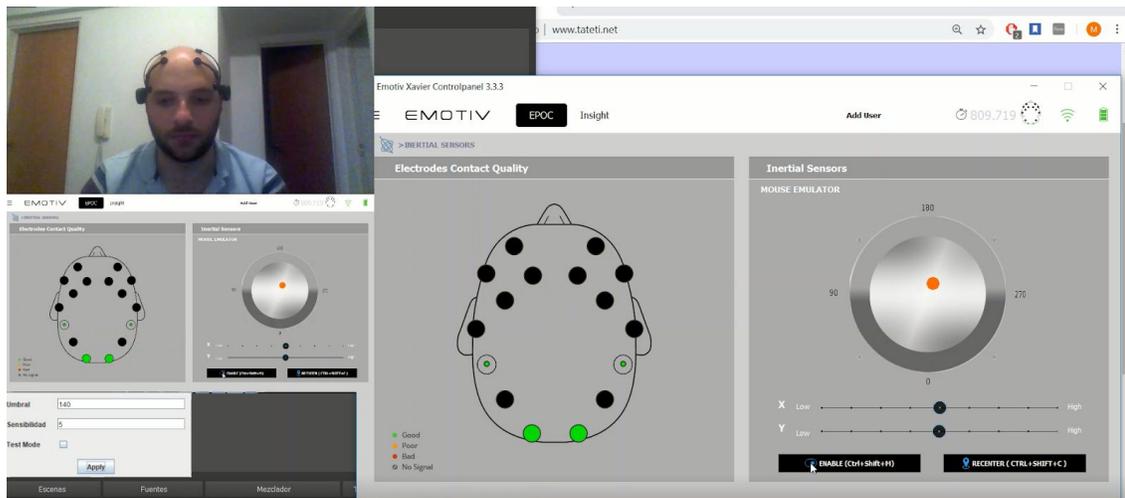


Figura 6.15: Imagen configuración previa, prueba Ta Te Ti.

En este caso como se puede observar, el umbral debió de ser de 140 microvoltios, mucho más bajo de lo que normalmente se necesitaba para capturar el ritmo alfa. Con esto se comprobó la variabilidad que tiene la señal, no solo entre personas sino con la misma persona en diferente día. Además por ser el caso de un juego, se redujo la sensibilidad a un porcentaje mínimo, para que ante la mínima intencionalidad de lograr el clic, éste se produzca y no sea frustrante para el usuario.

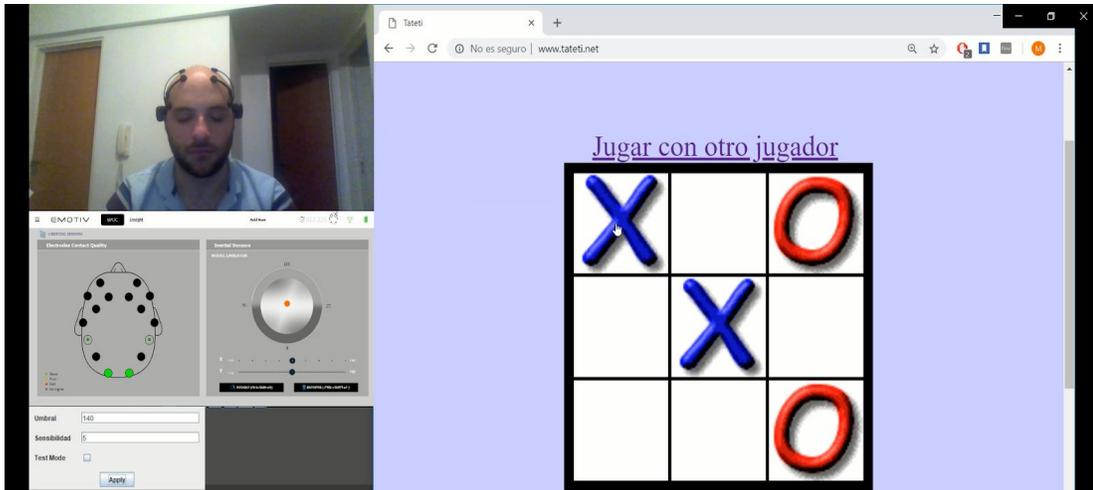


Figura 6.16: Imagen prueba Ta Te Ti.

La prueba fue exitosa, pensando en que el tiempo que se toma el sistema para la captura del clic, terminó siendo de aproximadamente 4 - 5 segundos, siendo bastante útil para este tipo de juego. La prueba consistió en poder mover el ratón, utilizando la cabeza mediante el giroscopio, desplazandolo entre cada una de las celdas del TA TE TI. Una vez alcanzada la celda deseada, el usuario debe cerrar los ojos y esperar la detección del clic.

6.7. Aplicación práctica deletreador ACAT

La segunda prueba que se presenta en esta sección es sobre el deletreador de ACAT. El ACAT trae un deletreador de práctica, para que se puedan realizar diferentes pruebas, de lo que será luego, el uso completo del software. Como se puede observar en la imagen de la Figura 6.17, el objetivo es formar la palabra mar, resaltada en color rojo.

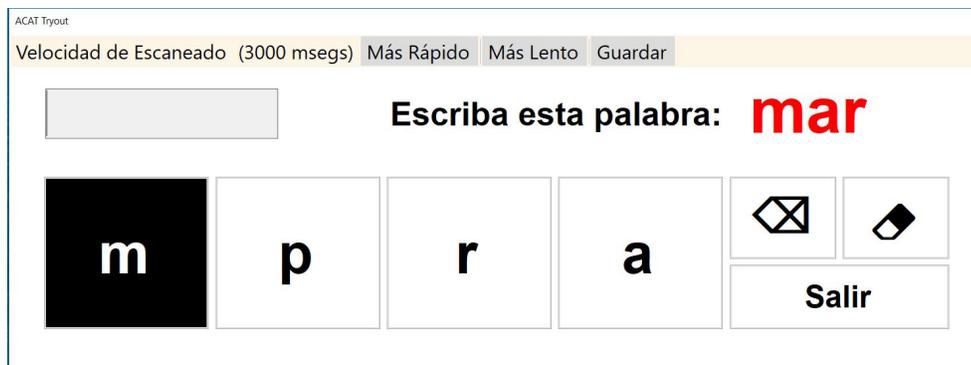


Figura 6.17: Imagen prueba ACAT, con procesamiento propio de señales.

La aplicación realiza un barrido, letra por letra, a una velocidad inicial de 3 segundos -valor que puede modificarse- y utiliza la tecla F12 como mecanismo de comunicación con el ACAT. Para vincular la utilización de nuestro software, fue necesario adaptar la detección del ritmo alfa a dicha tecla.



Figura 6.18: Imagen prueba ACAT, con procesamiento de propio de señales.

La utilización del barrido por defecto de 3 segundos, no nos permitió lograr una correcta performance, ya que la detección del ritmo alfa, en nuestro caso, necesita de entre 4-5 segundos. Una vez corregido dicho parámetro, la prueba fue exitosa, pudiendo formar la

palabra sin tener errores. Como complemento a la selección de la tecla F12, generamos también un sonido, para que el usuario pueda saber el instante en el que es detectado el cierre de ojos.

Después de esta prueba, podemos concluir que cuanto más lento sea el barrido que se realiza, a pesar de que el porcentaje de acierto va ser mayor, también será más tedioso el proceso de selección. Además si se elige incorrectamente una letra, se deberá esperar a llegar al “borrador” para luego volver a intentar formar la palabra correcta. La Figura 6.19 muestra la completitud de la escritura.



Figura 6.19: Imagen prueba ACAT, con procesamiento propio de señales.

6.8. Aplicación práctica Plaphoons

Otra de las aplicaciones pensadas para la investigación, es la unión de la detección del ritmo alfa junto con aplicaciones aumentativas y alternativas. Para hacer una prueba de concepto con este tipo de aplicaciones, tomamos el software Plaphoons.

Dentro de esta prueba, utilizamos un conjunto de plafones que trae la aplicación y un barrido automático, adecuado a 5 segundos, lo cual permitió una gran comodidad a la hora de la elección de un determinado plafón. Cabe destacar, que por cada uno de los plafones, se pueden seleccionar la descripción, la imagen y el sonido que emite al ser seleccionado, lo cual es una característica fundamental, pensando en la combinación con el ritmo alfa que involucra tener los ojos cerrados.

El resultado de la prueba fue exitosa, pudiendo comprobar una vez más la efectividad en la detección del ritmo alfa, además de una excelente performance frente al software,

resaltando la flexibilidad frente a la configuración del barrido, lo cual hace viable la implementación.

La imagen de la Figura 6.20 muestra los plafones dispuestos en la grilla y la señal detectada ante el cierre de los ojos.

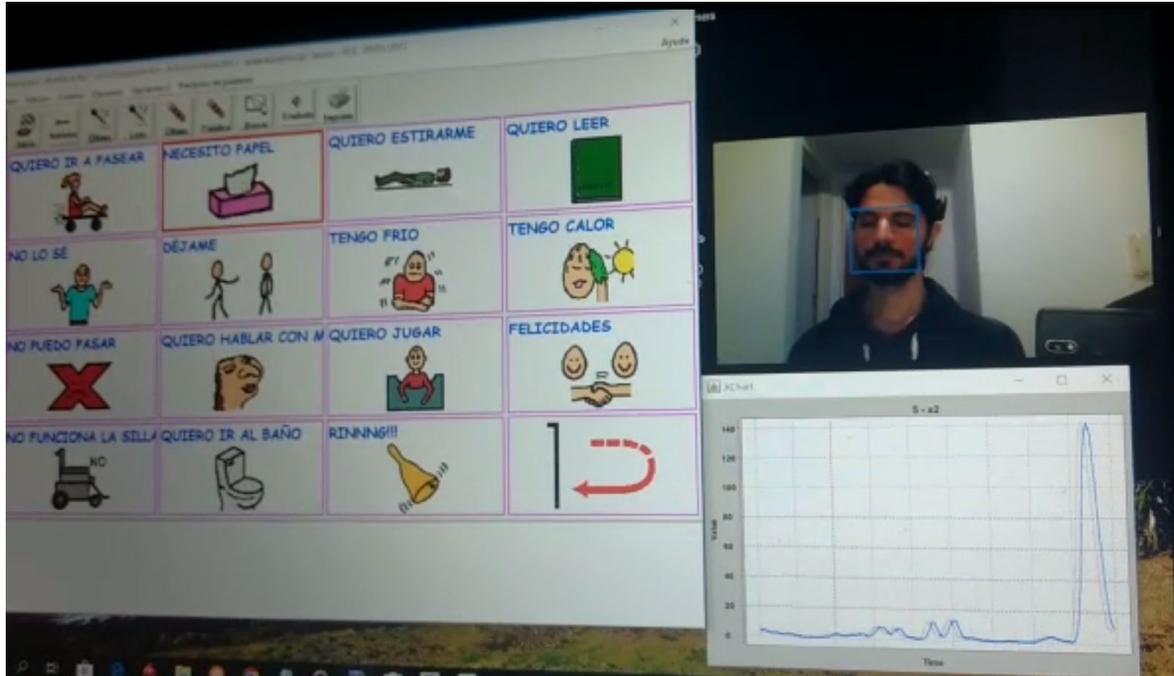


Figura 6.20: Imagen prueba Plaphoons, con procesamiento propio de señales.

6.9. Aplicación práctica comunicador ACAT

Realizar una prueba de concepto frente al software ACAT consistió en todo un desafío por varios motivos:

- Por un lado la complejidad que posee frente a las distintas posibilidades de configuración, y en consecuencia, para un usuario sin conocimientos técnicos de informática, la utilización del software puede ser realmente tedioso y complejo.
- Por otro lado, posee una gran cantidad de variantes para el usuario y pone a disposición desde la posibilidad de ser utilizado como un comunicador, hasta una herramienta para interactuar con la PC, pudiendo hacer barridos de pantalla con el mouse, utilizando solamente la tecla F12 como interacción con la computadora.
- Cualquier comunicación con el ACAT puede ser ejecutada con la utilización de una sola tecla, gracias a que posee distintos tipos de barridos por la pantalla, o por los cuadrantes con letras, o por los mismos menus de configuración.
- Encontramos como una gran limitación, la imposibilidad de aumentar la velocidad del barrido a más de 3 segundos por celda.

Teniendo como objetivo principal la utilización del ACAT como un comunicador, la relación con el software del reconocimiento del ritmo alfa no ha sido totalmente satisfactoria. La mayor limitación que encontramos en el software es la imposibilidad de aumentar la velocidad del barrido de 3 segundos, con lo cual, la cuota de precisión que el usuario debe tener, es realmente muy alta.

Sin embargo, la ventaja que pudimos encontrar, es que ACAT genera un diccionario propio, con las palabras más utilizadas, con lo cual a una utilización a largo plazo, puede resultar interesante la posibilidad de autonomía que brinda, ya que el usuario pasaría a elegir determinadas palabras, comparado con la elección letra por letra.

Con una corrección al barrido de 5 segundos, sumado a la velocidad que se puede obtener por estas características, entendemos que es totalmente viable la utilización de ACAT mediante prototipos de esta índole.

Capítulo 7

7. Conclusiones - Trabajos Futuros

Haber realizado una investigación de estas características, nos ha permitido conocer distintas instituciones y personas con ciertas problemáticas, para las cuales no siempre se encuentran los conocimientos ni los recursos necesarios para afrontarlos. La calidad y variedad de los softwares existentes - como los sistemas aumentativos y alternativos-, es cada vez más alta y con una gran flexibilidad para poder ser configurados y adaptados a las necesidades de quien requiera su utilización. **Sin embargo, la curva de aprendizaje para la utilización de los mismos no es tan sencilla, pensando en usuarios que no posean ningún conocimiento técnico.**

En el caso del ACAT por ejemplo, el más completo de los software probados, no nos ha resultado sencilla su configuración ni su utilización. **Ahora bien, una vez superada esta curva de aprendizaje, es sorprendente la cantidad y calidad de las funcionalidades disponibles.**

La combinación de estos software con una interfaz cerebro computadora, abre un abanico de posibilidades para nuevos usuarios, especialmente para aquellos con serias dificultades para poder interactuar con un sistema y poder realizar actividades básicas de la vida como puede ser comunicarse.

La investigación y el uso del Emotiv EPOC nos ha permitido conocer la problemática actual de las interfaces cerebro computadoras, llevadas a un ámbito de utilización doméstico y diario:

- El gran tiempo que se debe invertir, mojando cada sensor a utilizar, verificando en cada momento la calidad de la señal.
- La incomodidad y frustración que una persona puede sentir frente a la compleja configuración del casco.
- La calidad de las señales, que limita la exactitud de la información que uno puede extraer, limitando también las aspiraciones del software que uno desee construir o controlar.
- El costo del producto y las licencias, la calidad y durabilidad, teniendo que reemplazar el set de sensores cada cierta cantidad de meses, producto de la corrosión que se genera en los mismos.

Frente a estos conflictos, hemos podido realizar diferentes pruebas exitosas, con diferentes niveles de dificultad. Desde mover el mouse con el giroscopio que posee el casco, utilizando el movimiento de la cabeza, hasta jugar a juegos o intentar interactuar con otra persona a través de pictogramas o abecedarios.

Asimismo se han realizado pruebas, donde estrictamente el objetivo era poder realizar actividades mediante el pensamiento, luego de un entrenamiento, donde hemos comprobado que es una de las actividades más complejas y con mayor desgaste para el usuario, no siendo del todo exitosas, al menos en un entrenamiento a corto plazo. Sin embargo, considerando que la calidad de este dispositivo seguirá mejorando con el correr de los años, es verdaderamente prometedor el futuro de estas interfaces y la interacción con otros software.

Este trabajo sienta un precedente de efectividad del uso de interfaces cerebro computadoras y permite establecer distintas líneas de trabajos futuros:

- Automatizar la configuración manual que se ha desarrollado para lograr detectar el ritmo alfa en cada persona.
- Utilizar otros potenciales evocados, ya que el ritmo alfa, si bien es fácil de detectar, no es tan cómodo ya que implica mantener los ojos cerrados por un periodo de tiempo considerable para una interacción fluida con la máquina.
- Mejorar el algoritmo de detección para hacerlo más veloz sin aumentar la tasa de falsos positivos.
- Probar otros tipos de hardware para interfaces cerebro-computadora, para poder comparar y dar un salto evolutivo en los desarrollos.

Por último nos interesa rescatar la generación de conocimiento que se produce al realizar una investigación de esta índole, donde generalmente este tipo de tecnología está alejada de las instituciones que reciben a diario personas con distintos problemas para interactuar con el medio que los rodea. En todo momento hemos sentido que el incremento y el avance tecnológico no se relaciona proporcionalmente con la correcta capacitación, adaptación y documentación para que cualquier usuario final pueda llevar a cabo con éxito la utilización de este avance, que sin lugar a dudas, puede cambiar vidas.

Sobre el Asesor Profesional

Enrique Spinelli, quien nos acompaña como asesor profesional, es integrante del LEICI (Instituto de Electrónica, Control y Procesamiento de Señales) y responsable de la línea de investigación en instrumentación biomédica. Sus aportes se relacionarán con la captura de las señales electro-encéfalo-gráficas (EEG) y Electro-mio-gráficas (EMG), particularmente en técnicas de instrumentación biomédica, y en la interpretación de señales de EEG y EMG.

Enrique Spinelli es Ingeniero en Electrónica y Doctor en Ingeniería de la Facultad de Ingeniería de la UNLP. Actualmente trabaja en técnicas no invasivas para adquisición de señales biomédicas y ha desarrollado hardware para interfaces cerebro-computadora y otros dispositivos de asistencia a la comunicación.

Referencias Bibliográficas

Birbaumer, Niels. (2006). *Breaking the silence: Brain-computer interfaces (ICC) for communication and motor control*. *Psychophysiology*. 43. 517-32. 10.1111/j.1469-8986.2006.00456.x.

Clerc, M., Bougrain L., Lotte F. (2016). *Brain-Computer interfaces 2*. London: iSTE.

Cicchino, Andrea Noelia Bermúdez . *Técnicas de procesamiento de EEG para detección de eventos*. Tesis de Magíster, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata. Recuperado de http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/32602/Documento_completo.pdf?sequence=3

Currana, Eleanor A. and Stokesa, Maria J (2003). *Learning to control brain activity: A review of the production and control of EEG components for driving brain-computer interface (ICC) systems*. *Brain and Cognition* 51 p.326–336.

Departamento de servicios a la comunidad de Aljaraque. (2010). *Atención a personas en situación de dependencia*. Recuperado de: <http://atencionsociosanitaria-alberto.blogspot.com/2010/03/coal-ud5-pictogramas-spc.html>

Duvinage, Matthieu. Castermans, Thierry; Petieau, Mathieu; Hoellinger, Thomas; Cheron, Guy and Dutoit, Thierry (2013). Performance of the Emotiv EPOC headset for P300-based applications. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3710229/>

Escandell Vidal, María Victoria (2014). *La comunicación. Lengua, cognición y sociedad*. Madrid: Akal. pp. 144-145.

Farwell, L.A. and Donchin, E. (1988). *Talking off the top of your head: toward a mental prosthesis utilizing event-related brain potentials*. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology* , 1988, 70:510-523.

Freese, Charissa & Schalk, René. (2008). *How to Measure the Psychological Contract? A Critical Criteria-Based Review of Measures*. *South African Journal of Psychology*. 38. 10.1177/008124630803800202.

Labian Fernandez-Pacheco, B. Peña Ruiz, M. Tercero Cotillas, M. (2016). *Sistemas aumentativos y alternativos de comunicación*. ISBN: 978-84-9077-348-2 Madrid: Editorial Síntesis.

Lopez, Grecia (2017). Sistema Internacional 10/20, *Manual de posicionamiento de electrodos*. Recuperado de: <https://es.calameo.com/read/0052839246859cfeeb22e>

Mason, Steven G. and Birch, Gary E. (2013). *A General Framework for Brain–Computer Interface Design*. *IEEE Transactions on neural systems and rehabilitation engineering*, Vol. 11, N° 1, March 2003.

McGraw-Hill (2019). *Sistemas de comunicación alternativa con ayuda*. Unidad 3. [libro online]. Recuperado de: <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448183797.pdf>

Ortí, Consuelo Belloch (2013). Dpto. *Métodos de Investigación y Diagnóstico en Educación*. Universidad de Valencia. Recuperado de: <https://www.uv.es/bellochc/MainPage.wiki>

Spinelli, Enrique Mario. Interfaces para Control Cerebral . Tesis de Magíster, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata). Recuperado de http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/1361/Documento_completo_.pdf?sequence=33

Tamarit Cuadrado, Javier (2003). *¿Qué son los sistemas alternativos de comunicación?* Madrid, España. ISBN 84-87699-67-7.

Tan, D. S., Nijolt, A. (Eds.). (2010). *Brain-Computer Interfaces*. New York: Springer. DOI: 10.1007/978-1-84996-272-8.

Van Winsum W., Sergeant J., Geuze R. (1984). *The functional significance of event-related desynchronization of alpha rhythm in attentional and activating tasks*. *Electroenceph. and Clin. Neurophysiol.*, vol. 58, N° 6, pp. 519-524.

Wolpaw, Jonathan & Mcfarland, Dennis & Vaughan, Theresa & Schalk, Gerwin. (2003). The Wadsworth Center brain - *Computer interface (BCI) research and development program*. *Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, *IEEE Transactions on*. 11. 1 - 4. 10.1109/TNSRE.2003.814442.

Zion-Golumbic, Elana (2019). *What is EEG?*, Hebrew University of Jerusalén. Recuperado de: <https://www.mada.org.il/brain/articles/faces-e.pdf>

Jakobson, Roman. (1988). *Lingüística y Poética* . En *Lingüística y Poética* (33). Madrid : Cátedra Lingüística